

A1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-110636

(P2000-110636A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000. 4. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 2 D 41/16		F 0 2 D 41/16	A 3 G 0 2 2
			M 3 G 0 8 4
			P 3 G 0 9 1
F 0 1 N 3/24		F 0 1 N 3/24	R 3 G 3 0 1
F 0 2 D 41/20	3 1 5	F 0 2 D 41/20	3 1 5 5 H 0 0 4
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 52 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-281427

(22) 出願日 平成10年10月2日 (1998. 10. 2)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 安井 裕司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 赤崎 修介

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74) 代理人 100077805

弁理士 佐藤 辰彦 (外1名)

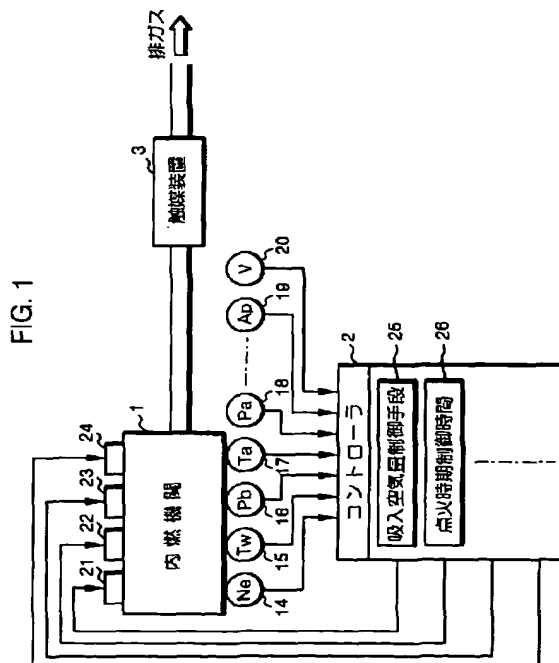
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

## (57) 【要約】

【課題】 内燃機関の始動後のアイドリング運転時に吸入空気量を増量させるに際して、流量制御弁の挙動特性のばらつき等によらずに触媒装置の早期の昇温・活性化を安定して確実に行うことができる内燃機関の制御装置を提供する。

【解決手段】 内燃機関1が生成する排ガスにより触媒装置3に与えられる熱量を表す熱量データを制御サイクル毎に検出もしくは推定により取得し、その取得した熱量データの値を目標値に収束させるようにフィードバック制御によりスロットル弁等の流量制御弁の開度の指令値を補正し、その補正した指令値に応じて流量制御弁の開度を操作する。熱量データとしては、例えば内燃機関1の燃焼室の吸入空気量の積算値を用いる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】排ガスを触媒装置を介して放出する内燃機関の始動後のアイドリング運転時に該内燃機関の燃焼室の吸入空気量を通常のアイドリング運転時よりも所定量、増量させるように該内燃機関の吸入空気通路に設けた流量制御弁の開度の指令値を生成し、その指令値に基づき該流量制御弁の開度を操作する吸入空気量操作手段と、該吸入空気量操作手段による前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関の回転数を所定の目標回転数に収束させるように該内燃機関の点火時期をフィードバック制御により操作して、該点火時期を遅角側に補正する点火時期操作手段とを備えた内燃機関の制御装置において、前記吸入空気量の増量中に前記触媒装置に流入する排ガスにより該触媒装置に実際に与えられる熱量を表す熱量データを逐次取得する手段と、その取得した熱量データの値を前記触媒装置に与えるべき熱量を表す所定の目標値に収束させるように前記流量制御弁の開度の指令値をフィードバック制御処理により補正する手段とを前記吸入空気量操作手段に具備したことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値を、前記内燃機関の始動時における前記触媒装置の温度状態に応じた値に設定することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値を、前記吸入空気量の増量開始後、第 1 の所定時間が経過した後は、該目標値に対応して前記内燃機関の燃焼室に吸入されるべき吸入空気量を時間の経過に伴い漸減させていくように設定することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量開始後、第 2 の所定時間が経過するまでは、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を制限すると共に、少なくとも該吸入空気量の増量開始後の経過時間に応じた所定のパターンで該吸入空気量を増加させていくようにフィードフォワード的に該流量制御弁の開度の指令値を決定することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理を該制御処理で使用する所定のパラメータの値により前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を指定可能な応答指定型制御により行い、該所定のパラメータの値を所定の条件に応じて可変的に設定することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】前記所定の条件は、少なくとも前記吸入空気量の増量開始後の経過時間を含み、前記吸入空気量操作手段は、該吸入空気量の増量開始後、第 3 の所定時間が経過するまでは、該第 3 の所定時間の経過後よりも前

記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を遅くするように前記パラメータの値を設定することを特徴とする請求項 5 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】前記吸入空気量操作手段は、前記点火時期操作手段のフィードバック制御による前記内燃機関の回転数と目標回転数との偏差の減衰速度よりも、前記応答指定型制御による前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を遅くするように前記パラメータの値を設定することを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】前記応答指定型制御はスライディングモード制御であることを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】前記スライディングモード制御は、適応スライディングモード制御であることを特徴とする請求項 8 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】前記パラメータは前記スライディングモード制御に用いる線形な切関数の係数パラメータであることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】前記吸入空気量操作手段が取得する前記熱量データは、前記吸入空気量の増量中に前記触媒装置に流入する排ガスにより該触媒装置に逐次実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータであることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 12】前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関の燃焼室に実際に吸入される吸入空気量の積算値、又は該吸入空気量の増量中に該内燃機関の燃焼室に実際に供給される燃料供給量の積算値、又は該吸入空気量の増量中における前記触媒装置の温度上昇量を前記熱量データとして用いることを特徴とする請求項 11 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 13】前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量中に前記フィードバック制御処理により得られる前記流量制御弁の開度の指令値の補正量に基づき、前記内燃機関の次の始動後の吸入空気量の増量中に前記流量制御弁の開度の指令値を補正するための学習補正値を求める手段を備え、該内燃機関の各回の始動後の吸入空気量の増量中における前記流量制御弁の開度の指令値を、前記内燃機関の前の始動後の吸入空気量の増量中に求めた前記学習補正値によりフィードフォワード的に補正しつつ前記フィードバック制御処理により得られる前記補正量により逐次補正することを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の内燃機関に制御装置。

【請求項 14】前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量中に前記フィードバック制御処理により得られる前記流量制御弁の開度の指令値の補正量に基づき、前記内燃機関の次の始動後の吸入空気量の増量中に前



記流量制御弁の開度の指令値を補正するための学習補正值を求める手段を備え、該内燃機関の各回の始動後の吸入空気量の増量中における前記流量制御弁の開度の指令値を、前記内燃機関の前の始動後の吸入空気量の増量中に求めた前記学習補正值によりフィードフォワード的に補正しつつ前記フィードバック制御処理により得られる前記補正量により逐次補正することを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 記載の内燃機関に制御装置。

【請求項 1 5】前記学習補正值は、前記流量制御弁の開度の指令値に乗算することで該指令値を補正する係数値であり、前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から該係数値を求めることを特徴とする請求項 1 4 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 6】前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を開始してから第 4 の所定時間が経過した後における前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から該係数値を求めることを特徴とする請求項 1 5 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 7】前記吸入空気量操作手段による吸入空気量の増量と前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の補正とは、該吸入空気量の増量開始後、所定の制限時間が経過するまでの期間で行うことを特徴とする請求項 1 ～ 1 6 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 8】前記吸入空気量操作手段による吸入空気量の増量と前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の補正とは、該吸入空気量の増量開始後、所定の制限時間が経過するまでの期間で行うことを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 9】前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関がアイドリング運転以外の運転を行うべき状態となったとき、前記吸入空気量操作手段及び点火時期操作手段は、それぞれ前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正と前記フィードバック制御による前記点火時期の補正とを中断すると共に、その後、前記所定の制限時間が経過する前に前記内燃機関のアイドリング運転が再開されたとき、前記吸入空気量操作手段及び点火時期操作手段は、それぞれ前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正と前記フィードバック制御による点火時期の補正とを前記所定の制限時間が経過するまで再開し、前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の補正の中断中も前記熱量データの取得を継続することを特徴とする請求項 1 8 記載の内燃機関の制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、排ガスを触媒装置を介して放出する内燃機関の制御装置に関し、より詳しくは該内燃機関の始動後のアイドリング運転時に触媒装置の昇温・活性化を早めるために内燃機関を制御する装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】一般に、内燃機関の排ガスを浄化するために該内燃機関の排気系に設けられた三元触媒等の触媒装置は、その温度がある程度上昇して該触媒装置が活性化していないと、排ガスの所要の浄化性能を確保することが難しい。このため、触媒装置が比較的低温なものとなっている内燃機関の始動直後における排ガスの浄化性能の確保が従来より重要な課題となっている。

【0003】本願出願人は、このような課題を解決するための技術を、特願平 9-109197 号あるいは特願平 10-10326 号にて提案しており、この技術の概要は次の通りである。

【0004】すなわち、内燃機関の始動後の最初のアイドリング運転に際して、内燃機関の燃焼室の吸入空気量を通常のアイドリング運転時（例えば内燃機関を搭載した自動車の走行後のアイドリング運転時）よりも増量させるようにスロットル弁あるいはこれを迂回するバイパス通路の制御弁（以下、ここではこれらを流量制御弁という）の開度を操作する。また、この吸入空気量の増量開始後、この増量によって上昇傾向となる内燃機関の回転数（実回転数）を所要の目標回転数に収束させるようにフィードバック制御によって内燃機関の点火時期を操作し、これにより該点火時期を通常の場合よりも遅角側に補正する。

【0005】上記のような内燃機関の吸入空気量の増量と点火時期の遅角側への操作とを行うことで、内燃機関が生成する排ガスの熱量が大きくなり、ひいては、この排ガスにより暖められる触媒装置が早期に活性化する。この結果、触媒装置の所要の浄化性能を内燃機関の始動後、早期に確保することができる。

【0006】また、同時に、内燃機関の吸入空気量の増量の結果として上昇傾向となる内燃機関の回転数を目標回転数に収束させるようにフィードバック制御により点火時期を操作することで、内燃機関の回転数を適正な回転数に安定に保持することができる。

【0007】ところで、このような技術において、吸入空気量の増量に際しては、内燃機関の始動後、所要の時間内で触媒装置を十分に昇温・活性化できる熱量を該触媒装置に与えることができ、また、内燃機関の始動後の運転をできるだけ円滑且つ良好な燃焼状態で行うことができるように流量制御弁の開度の指令値を生成し、その指令値に基づきアクチュエータ等を介して流量制御弁の開度を操作する。そして、この場合、従来は、流量制御



弁の開度の指令値により流量制御弁の実際の開度や、内燃機関の実際の吸入空気量が一義的に定まるものとして、該開度の指示値の大きさや時間的な変化の形態をフィードフォワード的に定めておき、その指示値に従って流量制御弁の開度を操作するようにしていた。

【0008】しかるに、流量制御弁あるいはこれを含む内燃機関の吸気系の挙動特性には、一般に製品毎に多少のばらつきがあり、また経時的な特性変化のばらつきも生じる。そして、このような挙動特性のばらつきや経時的な特性変化のばらつきに起因して、流量制御弁の開度を上記のようにフィードフォワード的に定めた所定の指示値に従って操作しても、それに応じて内燃機関の燃焼室に実際に吸入される吸入空気量は製品毎にばらつきを生じたり、あるいは経時的なばらつきを生じることがある。このため、その吸入空気量の空気とそれに応じた量の燃料との混合気の燃焼により生成される内燃機関の排ガスの熱量にも製品毎の、あるいは経時的なばらつきを生じる。この結果、該排ガスの熱量が与えられる触媒装置の温度の昇温特性にも、ばらつきを生じ、ひいては、所要の時間内で触媒装置を適正に昇温・活性化することができないという事態が生じる虞れがあった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる背景に鑑み、内燃機関の始動後のアイドル運転時に吸入空気量を増量させるに際して、流量制御弁の挙動特性のばらつきや経時的な特性変化等によらずに、触媒装置の早期の昇温・活性化を安定して確実に行うことができ、さらには、吸入空気量の増量中の内燃機関の運転を良好な燃焼状態で円滑に行うことができる内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の内燃機関の制御装置はかかる目的を達成するために、排ガスを触媒装置を介して放出する内燃機関の始動後のアイドル運転時に該内燃機関の燃焼室の吸入空気量を通常のアイドリング運転時よりも所定量、増量させるように該内燃機関の吸入空気通路に設けた流量制御弁の開度の指令値を生成し、その指令値に基づき該流量制御弁の開度を操作する吸入空気量操作手段と、該吸入空気量操作手段による前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関の回転数を所定の目標回転数に収束させるように該内燃機関の点火時期をフィードバック制御により操作して、該点火時期を遅角側に補正する点火時期操作手段とを備えた内燃機関の制御装置において、前記吸入空気量の増量中に前記触媒装置に流入する排ガスにより該触媒装置に実際に与えられる熱量を表す熱量データを逐次取得する手段と、その取得した熱量データの値を前記触媒装置に与えるべき熱量を表す所定の目標値に収束させるように前記流量制御弁の開度の指令値をフィードバック制御処理により補正する手段とを前記吸入空気量操作手段に具備したことを

特徴とする（請求項1記載の発明）。

【0011】かかる本発明によれば、前記吸入空気量の増量中に前記触媒装置に流入する排ガスにより該触媒装置に実際に与えられる熱量を表す熱量データの値を、触媒装置に与えるべき熱量を表す所定の目標値に収束させるように前記流量制御弁の開度の指令値をフィードバック制御処理により補正するので、流量制御弁の挙動特性のばらつきや経時的な特性変化等によらずに、触媒装置の昇温・活性化を前記目標値に対応する所望の昇温形態で行うことができ、触媒装置の早期の昇温・活性化を安定して確実に行うことができる。そして、この結果、触媒装置の良好な排ガス浄化性能を内燃機関の始動後、早期に確実に確保することができる。

【0012】尚、前記熱量データとしては、内燃機関の燃焼室の瞬時瞬時の（例えば所定の制御サイクル毎の）吸入空気量もしくは燃料供給量（これらは、概ね内燃機関が生成する排ガスの瞬時瞬時の熱量、ひいては触媒装置に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量に比例する）、あるいは、該吸入空気量もしくは燃料供給量の積算値又は触媒装置の温度上昇量（該積算値や温度上昇量は、概ね、触媒装置に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値に比例する）等が挙げられる。

【0013】また、上記のような熱量データは、適当なセンサを用いて直接的に検出して取得する（例えば吸入空気量をエアフローセンサを用いて検出する）ようにしてもよいが、内燃機関の運転時に取得し得る他の適当なデータ等から推定して得るようにしてもよい（例えば吸入空気量は内燃機関の吸気圧から推定できる）。

【0014】すなわち、内燃機関の始動後の触媒装置を所望の昇温・活性化を行うために触媒装置に与えるべき熱量は、内燃機関の始動時の触媒装置の温度状態（触媒装置の初期温度の状態）によって相違し、内燃機関の始動時の触媒装置の温度状態が低温側である程、触媒装置の所望の昇温・活性化に必要な熱量は多くなる。

【0015】そこで、本発明では、前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値を、前記内燃機関の始動時における前記触媒装置の温度状態に応じた値に設定する（請求項2記載の発明）。これにより、内燃機関の始動時の触媒装置の温度状態によらずに、触媒相違の所望の昇温・活性化を確実に行うことができる。

【0016】尚、この場合において、触媒装置の温度状態は、該触媒装置の温度を直接的に検出することで把握してもよいが、内燃機関の始動時における該内燃機関の温度状態（冷却水温等の内燃機関の機関温度の状態）を触媒装置の温度状態に相当するものとして代用してもよい。

【0017】また、本発明では、前記熱量データの値の目標値は、触媒装置の昇温・活性化を適正に行う上では、種々の形態で設定することが可能であるが、該目標値は、内燃機関の始動後のアイドル運転に際しての



内燃機関の燃焼室の吸入空気量、ひいては該燃焼室で燃焼させる混合気の量に影響を及ぼすこととなるので、内燃機関の運転の安定性等を考慮することが望ましい。

【0018】例えば、内燃機関の始動後のアイドル運転時には、該内燃機関の暖機がある程度進行すると、該内燃機関の各部のフリクション（摩擦）が低下していく。このように内燃機関の各部のフリクションが低下していく段階では、内燃機関の吸入空気量が一定であると、内燃機関の回転数は前記目標回転数に対して上昇傾向が強まっていくため、前記点火時期操作手段のフィードバック制御により操作される点火時期は遅角側に大きなものとなっていく。そして、この場合、該点火時期は、最終的には、該点火時期が実際に操作し得る遅角側の限界値にまで達して、回転数を目標回転数に制御することができなくなるといふ事態が生じる虞れがある。

【0019】そこで、本発明では、前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値を、前記吸入空気量の増量開始後、第1の所定時間が経過した後は、該目標値に対応して前記内燃機関の燃焼室に吸入されるべき吸入空気量を時間の経過に伴い漸減させていくように設定する（請求項3記載の発明）。

【0020】これにより、前記第1の所定時間が経過し、内燃機関の各部のフリクション（摩擦）が低下していくような段階では、内燃機関の吸入空気量が漸減するため、該フリクションの低下による内燃機関の回転数の上昇傾向を抑えることができる。そして、この結果、点火時期操作手段のフィードバック制御によって、内燃機関の点火時期が過剰に遅角側に操作されるような事態が回避され、内燃機関の回転数を目標回転数に安定して制御することができる。

【0021】また、内燃機関の始動直後の前記吸入空気量の増量を開始した初期段階では、内燃機関の良好な燃焼状態やエミッション状態を確保するためには、特に、吸入空気量を的確な時間的変化の形態（パターン）で増加させていくことが望ましい。そして、この場合、吸入空気量を所要のパターンで増加させていくような前記熱量データの値の目標値を設定しても、該熱量データの値が該目標値に収束するまでは、吸入空気量の変化の仕方が不適切なものとなりやすい。

【0022】そこで、本発明では、前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量開始後、第2の所定時間が経過するまでは、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を制限すると共に、少なくとも該吸入空気量の増量開始後の経過時間に応じた所定のパターンで該吸入空気量を増加させていくようにフィードフォワード的に該流量制御弁の開度の指令値を決定する（請求項4記載の発明）。

【0023】このように、吸入空気量の増量開始後、第2の所定時間が経過するまでの初期段階（内燃機関の始動直後の段階）では、前記フィードバック制御処理によ

る前記流量制御弁の開度の指令値の補正を制限して、少なくとも吸入空気量の増量開始後の経過時間に応じた所定のパターンで該吸入空気量を増加させていくようにフィードフォワード的に流量制御弁の開度の指令値を決定することで、内燃機関の始動直後の良好な燃焼状態やエミッション状態を確保することができる。

【0024】尚、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を制限する場合、該補正を完全に行わないようにしてもよいが、該フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量を所定範囲内の微小量に強制的に制限するようにしてもよい。

【0025】また、本発明において、触媒装置の所望の昇温・活性化を行う上では、前記熱量データの値とその目標値との偏差が生じているとき、該熱量データの値の目標値への収束（上記偏差の減衰）を速やかに行うように流量制御弁の開度の補正を行うことが好ましいが、内燃機関の燃焼状態やエミッション状態の安定性等を考慮すると、状況によっては、上記偏差の減衰速度を適宜変化させることが好ましい場合もある。例えば内燃機関の始動後の初期段階では、前記熱量データの値とその目標値との偏差が生じているときに、前記フィードバック制御処理による熱量データの値の目標値への収束（熱量データの値とその目標値との偏差の減衰）を急速に行うように流量制御弁の開度を補正すると、内燃機関の吸入空気量の急変によって、内燃機関の燃焼状態やエミッション状態が不安定なものとなってそれらの悪化を招く虞れがある。

【0026】そこで、本発明では、前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理を該制御処理で使用する所定のパラメータの値により前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を指定可能な応答指定型制御により行い、該所定のパラメータの値を所定の条件に応じて可変的に設定する（請求項5記載の発明）。

【0027】このように前記フィードバック制御処理を応答指定型制御により行うことで、前記所定のパラメータの値によって直接的に前記熱量データの値と前記目標値との偏差（より一般的には制御量とその目標値との偏差）の減衰速度を指定できるため、該所定のパラメータの値を所定の条件に応じて可変的に設定することで、内燃機関の運転状態等に合わせた所望の減衰速度で熱量データの値と目標値との偏差を減衰させることが可能となる。

【0028】この場合、より具体的には、前記所定の条件は、少なくとも前記吸入空気量の増量開始後の経過時間を含み、前記吸入空気量操作手段は、該吸入空気量の増量開始後、第3の所定時間が経過するまでは、該第3の所定時間の経過後よりも前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を遅くするように前記パラメータの値を設定する（請求項6記載の発明）。



【0029】このように吸入空気量の増量開始後、第3の所定時間が経過するまでは、該第3の所定時間の経過後よりも前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を遅めにするように前記パラメータの値を設定することで、内燃機関の始動後の初期段階において、吸入空気量を急速に変化させるような流量制御弁の開度の補正が回避され、内燃機関の良好な燃焼状態やエミッション状態を確保することができる。

【0030】さらに、本発明において、前記吸入空気量操作手段の前記応答指定型制御を用いたフィードバック制御処理による流量制御弁の開度の指令値の補正と、前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の操作とは互いに独立的に行われるものである一方、両者の制御は、共に内燃機関の回転数に影響を及ぼす制御である。また、一般に、前記流量制御弁の開度の変化に対する吸入空気量の変化、ひいては内燃機関の回転数の変化の応答性は、点火時期の変化に対する内燃機関の回転数の変化の応答性に比して遅い。このため、前記点火時期操作手段のフィードバック制御による前記内燃機関の回転数と目標回転数との偏差の減衰速度よりも、前記応答指定型制御による前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を速めなものとなっていると、両者の制御が互いに干渉して、内燃機関の回転数が不安定なものとなる虞れがある。

【0031】そこで、本発明では、前記パラメータの値の設定に関しては、前記吸入空気量操作手段は、前記点火時期操作手段のフィードバック制御による前記内燃機関の回転数と目標回転数との偏差の減衰速度よりも、前記応答指定型制御による前記熱量データの値と前記目標値との偏差の減衰速度を遅くするように前記パラメータの値を設定する（請求項7記載の発明）。

【0032】このように前記パラメータの値を設定することで、吸入空気量操作手段の応答指定型制御を用いたフィードバック制御処理と、前記点火時期操作手段のフィードバック制御とが互いに内燃機関の回転数に干渉して、該回転数が不安定なものとなるような事態を回避することができる。

【0033】上記のように吸入空気量制御手段のフィードバック制御処理に用いる応答指定型制御は、スライディングモード制御や、ILQ制御（応答指定型最適制御）等があるが、本発明では、前記応答指定型制御は、スライディングモード制御であることが好ましく（請求項8記載の発明）、特に該スライディングモード制御は、適応スライディングモード制御であることが好ましい（請求項9記載の発明）。

【0034】すなわち、スライディングモード制御は一般に外乱等の影響に対する制御の安定性が高いという特性を有する可変構造型のフィードバック制御手法であり、特に、適応スライディングモード制御は、適応則という制御則を通常的なスライディングモード制御に加味

することで、外乱等の影響を積極的に排除するようにしたものである。

【0035】従って、前記応答指定型制御としてスライディングモード制御、より好ましくは適応スライディングモード制御を用いることで、前記熱量データの値を目標値に収束させる制御を極めて安定して行うことができ、ひいては、触媒装置の所望の昇温・活性化を安定して行うことができる。

【0036】尚、前記応答指定型制御としてスライディングモード制御を用いた場合、前記パラメータは該スライディングモード制御に用いる線形な切換関数の係数パラメータである（請求項10記載の発明）。

【0037】すなわち、スライディングモード制御では、切換関数といわれる関数が用いられ、この切換関数は制御対象の複数の状態量（具体的には例えば、前記熱量データの値とその目標値の偏差の複数の時系列データ）を変数とする線形関数により表され、この線形関数の係数パラメータ（線形関数の各項の係数）の値が偏差の減衰速度を規定するものとなる。従って、この切換関数の係数パラメータが前記熱量データの値とその目標値の偏差の減衰速度を指定するための前記パラメータとなる。

【0038】かかる本発明では、前記吸入空気量操作手段が取得する前記熱量データは、前記吸入空気量の増量中に前記触媒装置に流入する排ガスにより該触媒装置に逐次実際に与えられる瞬時瞬時の熱量を表すデータであってもよいが、その瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータであることが好ましい（請求項11記載の発明）。

【0039】すなわち、前記触媒装置に逐次実際に与えられる瞬時瞬時（例えば所定の制御サイクル毎の）の熱量を表すデータは、外乱等の影響で瞬時的なノイズ成分を含むことがあるが、それを積算してなる値は、相対的にノイズ成分が小さなものとなる。従って、前記熱量データを、触媒装置に逐次実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータとし、その熱量データを目標値（この場合、該目標値は、触媒装置に与えるべき瞬時瞬時の熱量の積算値を表すものとなり、時間の経過に伴い単調的に増加する）に収束させるように流量制御弁の開度の指令値を補正することで、該開度の瞬時的な急変等を避け、安定した制御を行うことができる。

【0040】尚、このように前記熱量データを、触媒装置に逐次実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータとした場合、前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関の燃焼室に実際に吸入される吸入空気量の積算値、又は該吸入空気量の増量中に該内燃機関の燃焼室に実際に供給される燃料供給量の積算値、又は該吸入空気量の増量中における前記触媒装置の温度上昇量を前記熱量データとして用いる（請求項12記載の発明）。

【0041】また、本発明において、前記フィードバッ



ク制御処理による流量制御弁の開度の補正によって、最終的には、前記熱量データを目標値に収束させ、ひいては、内燃機関の吸入空気量が前記熱量データの目標値に対応して前記燃焼室に吸入されるべき吸入空気量に収束するのであるが、その未収束段階では、特に熱量データの値と目標値との比較的大きな偏差が生じるような状況（熱量データの目標値に対応した基準的な吸入空気量に対して実際の吸入空気量のばらつきが大きい場合等）において流量制御弁の開度が不安定な変動を生じ易い（前記フィードバック制御処理による流量制御弁の開度の補正量が変動的なものになりやすい）。そして、上記の未収束段階は、基本的には内燃機関の始動後の初期の段階であるため、内燃機関の良好な燃焼状態やエミッション性を確保する上では、流量制御弁の開度、ひいては吸入空気量の変化はなめらかなものであることが好ましい。

【0042】そこで、本発明では、前記吸入空気量操作手段は、前記吸入空気量の増量中に前記フィードバック制御処理により得られる前記流量制御弁の開度の指令値の補正量に基づき、前記内燃機関の次の始動後の吸入空気量の増量中に前記流量制御弁の開度の指令値を補正するための学習補正値を求める手段を備え、該内燃機関の各回の始動後の吸入空気量の増量中における前記流量制御弁の開度の指令値を、前記内燃機関の前の始動後の吸入空気量の増量中に求めた前記学習補正値によりフィードフォワード的に補正しつつ前記フィードバック制御処理により得られる前記補正量により逐次補正する（請求項13、14記載の発明）。

【0043】つまり、内燃機関の始動後の吸入空気量の増量を行う毎に、その増量中に前記フィードバック制御処理により得られる前記流量制御弁の開度の指令値の補正量を学習しておき、その補正量に基づいて、内燃機関の次の始動後の吸入空気量の増量中に流量制御弁の開度の指令値を補正するための学習補正値を求める。この学習補正値は、次の内燃機関の始動後の吸入空気量の増量に際して、仮に前回の場合と同じように流量制御弁の開度の指令値をフィードバック制御処理により補正した場合における該開度の指令値の補正量に概ね相当するものである。そして、内燃機関の次の始動後の吸入空気量の増量に際しては、前記流量制御弁の開度の指令値を、内燃機関の前の始動後の吸入空気量の増量中に上記の如く求めた学習補正値にフィードフォワード的に補正しつつ前記フィードバック制御処理により得られる前記補正量により逐次補正することで、該フィードバック制御処理による流量制御弁の開度の指令値の補正が極力小さなものに抑えられることとなる。この結果、内燃機関の始動後の初期段階で、前記熱量データが目標値に収束していない段階でも、流量制御弁の開度の不安定な変動を十分に小さなものに抑えることができ、ひいては内燃機関の良好な燃焼状態やエミッション状態を確保することができる。

【0044】この場合、特に前記熱量データとして、触媒装置に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータを用いる場合にあっては、前記学習補正値を、前記流量制御弁の開度の指令値に乘算することで該指令値を補正する係数値とし、前記吸入空気量操作手段は、前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から該係数値を求めることが好ましい（請求項15記載の発明）。

【0045】このように前記学習補正値としての前記係数値を、前記熱量データの値の目標値（触媒装置に実際に与えるべき瞬時瞬時の熱量の積算値）と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から求めることで、瞬時瞬時における該開度の指令値の補正量が外乱等の影響で一時的にノイズ的なものとなるようなことがあっても、該補正量の積算値に含まれるノイズ成分は相対的に小さなものとなるので、前記熱量データの値の目標値と該開度の指令値の補正量の積算値との比率から、信頼性の高い前記学習補正値（係数値）を求めることができる。また、前記学習補正値を、前記流量制御弁の開度の指令値に乘算することにより該指令値を補正する係数値とすることで、該学習補正値による流量制御弁の開度の指令値の補正を容易に行うことができる。

【0046】尚、前記熱量データとして、触媒装置に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量を表すデータを用いる場合であっても、その瞬時瞬時の熱量を表すデータの目標値を積算すれば、その目標値の積算値と流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から上記と同様に学習補正値を求めることができる。

【0047】さらに、本発明では、上記のように前記学習補正値としての係数値を求める場合、前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を開始してから第4の所定時間が経過した後における前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から該係数値を求めることが好ましい（請求項16記載の発明）。

【0048】すなわち、前記フィードバック制御処理による流量制御弁の開度の指令値の補正を行う初期段階で、前記熱量データの値がその目標値に収束していない段階では、上記開度の指令値の補正量の変動が生じ易いため、このような段階における前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から前記学習補正値（係数値）を求めると、該学習補正値の信頼性が損なわれる虞れがある。

【0049】このため、本発明では、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正を開始してから第4の所定時間が経過した後、すなわ



ち、該開度の指令値の補正量が安定した段階における前記熱量データの値の目標値と前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正量の積算値との比率から前記学習補正值（係数値）を求める。これにより、該学習補正值の信頼性を確実に確保することができる。

【0050】また、本発明では、前記吸入空気量操作手段による吸入空気量の増量と前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の操作とは、該吸入空気量の増量開始後、所定の制限時間が経過するまでの期間で行う（請求項17、18記載の発明）。

【0051】このように前記吸入空気量操作手段による吸入空気量の増量と前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の操作とを行う期間の限定することで、不必要に内燃機関の燃料を消費するのを防止することができる。

【0052】ところで、内燃機関は、何らかの負荷を駆動するものであり（例えば車両に搭載された内燃機関は車両の走行駆動を行う）、上記の制限時間内に、内燃機関の負荷を駆動するための運転を行うべき状況になった場合等、アイドリング運転以外の内燃機関の運転（以下、ここでは内燃機関の負荷運転という）を行うべき状況が生じる場合も多々ある。そして、このように内燃機関の負荷運転を行う状況では、基本的には、該内燃機関の燃焼室にはアイドリング運転時よりも十分に多量の空気が吸入されて、該内燃機関が生成する排ガスの熱量も多くなるため、触媒装置の昇温・活性化も進行する。また、内燃機関の負荷運転を行う状況では、内燃機関の所望の動力性能を確保するために、前記吸入空気量操作手段のフィードバック制御処理による流量制御弁の開度の指令値の補正や、前記点火時期操作手段のフィードバック制御による点火時期の補正を解除すべきである。

【0053】しかるに、内燃機関の負荷運転が、前記の制限時間内で短時間しか行われない場合もあり、このような場合には、該内燃機関の負荷運転後のアイドリング運転を通常に行うと、触媒装置の十分な昇温・活性化が遅れる虞れがある。

【0054】そこで、本発明では、特に、前記熱量データとして、触媒装置に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値を表すデータを用いた場合（請求項18記載の発明）において、前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関がアイドリング運転以外の運転を行うべき状態となったとき、前記吸入空気量操作手段及び点火時期操作手段は、それぞれ前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正と前記フィードバック制御による前記点火時期の補正とを中断すると共に、その後、前記所定の制限時間が経過する前に前記内燃機関のアイドリング運転が再開されたとき、前記吸入空気量操作手段及び点火時期操作手段は、それぞれ前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の

補正と前記フィードバック制御による点火時期の補正とを前記所定の制限時間が経過するまで再開し、前記吸入空気量操作手段は、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の補正の中断中も前記熱量データの取得を継続する（請求項19記載の発明）。

【0055】このように、前記吸入空気量の増量中に前記内燃機関がアイドリング運転以外の運転（負荷運転）を行うべき状態となつて、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正と前記フィードバック制御による前記点火時期の補正とを中断する一方、その中断中も前記熱量データの取得を継続しておき、その後、前記所定の制限時間が経過する前に前記内燃機関のアイドリング運転が再開されたとき、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正と前記フィードバック制御による点火時期の補正とを前記制限時間が経過するまで再開することで、該制限時間内に内燃機関の前記の負荷運転を一時的に行ったような場合であっても、確実に触媒装置を該制限時間内に昇温・活性化することができる。

【0056】尚、この場合において、前記熱量データの値の目標値は、触媒装置に与えるべき瞬時瞬時の熱量の積算値を表すものであつて、吸入空気量の増量開始後、時間の経過に伴い単調的に増加するものとなるので、内燃機関のアイドリング運転の再開後における該熱量データの値の目標値は、内燃機関の始動後に吸入空気量の増量を開始してからの経過時間（前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正等の中断中を含む）に対応した目標値である。

【0057】また、前記熱量データとして、触媒装置に与えられる瞬時瞬時の熱量を表すデータを用いた場合には、前記フィードバック制御処理による前記流量制御弁の開度の指令値の補正等の中断中に、該熱量データを取得しておく必要はない。

【0058】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態を図1乃至図25を参照して説明する。

【0059】図1は、本実施形態の装置の全体的なシステム構成を示すものであり、1は内燃機関、2は内燃機関1の動作制御を担うコントローラである。

【0060】内燃機関1は、例えば自動車やハイブリッド車等の車両にその推進源として搭載されたものであり、燃料及び空気の混合気を燃焼させて生成した排ガスを例えば三元触媒を用いて構成した触媒装置3を介して大気中に放出する。

【0061】図2はこの内燃機関1の吸気系を模式化して示したものである。同図2に示すように、この内燃機関1の燃焼室4には、スロットル弁5を設けた主吸気通路6と、該スロットル弁5を迂回して主吸気通路6に接続すると共にバイパス弁7を設けたバイパス通路8とを介して空気を吸入可能とされている。尚、図2中、9は



シリンダ、10はピストン、11、12はそれぞれ吸気バルブ及び排気バルブ、13はチャンバーである。

【0062】図1の説明に戻って、本実施形態のシステムでは、この内燃機関1の動作制御のための付帯的構成として、内燃機関1の回転数 $N_e$ （実回転数）及び機関温度 $T_w$ （例えば冷却水温）をそれぞれ検出する回転数センサ14及び機関温度センサ15、前記スロットル弁5及びバイパス弁7の下流側における主吸気通路6の内圧（本実施形態では図2のチャンバー13の内圧）である吸気圧 $P_b$ を検出する吸気圧センサ16、大気温度 $T_a$ 及び大気圧 $P_a$ をそれぞれ検出する大気温度センサ17及び大気圧センサ18、図示しない車両のアクセルペダルの操作量 $A_p$ （以下、アクセル操作量 $A_p$ という）及び車速 $V$ をそれぞれ検出するアクセルセンサ19及び車速センサ20等の各種センサが備えられている。

【0063】さらに内燃機関1の駆動のための付帯的構成として、前記燃焼室4内で混合気に点火する点火装置21、燃焼室4に燃料を供給する燃料供給装置22、前記スロットル弁5及びバイパス弁7をそれぞれ操作するためのスロットル弁アクチュエータ23及びバイパス弁アクチュエータ24等が備えられている。

【0064】尚、図示は省略するが、上記の構成の他、内燃機関1を始動するためのスタータモータや、各種電子機器の電源バッテリー、内燃機関1の動力を駆動輪に伝達する変速機（本実施形態のシステムでは自動変速機）等も備えられている。

【0065】コントローラ2は、マイクロコンピュータを用いて構成されたものであり、前述の各種センサ14～20の出力（検出値）のデータや、所定のプログラム、あらかじめ設定されたデータ値等に基づき、点火装置21や燃料供給装置22、スロットル弁アクチュエータ23、バイパス弁アクチュエータ24等を介して内燃機関1の所要の運転を行わしめる。

【0066】このコントローラ2は、スロットル弁5あるいはバイパス弁7の開度をそれぞれスロットル弁アクチュエータ23、バイパス弁アクチュエータ24を介して操作することで、内燃機関1の燃焼室4の吸入空気量を操作する吸入空気量操作手段25、内燃機関1の点火時期を点火装置21を介して操作する点火時期操作手段26等を機能的構成として具備している。

【0067】これらの各手段25、26の機能の詳細は後述するが、点火時期操作手段26は本発明に係わる回転数制御装置としての機能を有するものである尚、本実施形態では、前記バイパス弁7とバイパス通路8とがそれぞれ本発明に係わる流量制御弁と吸入空気通路とに相当するものである。また、本実施形態では、コントローラ2がその制御処理を実行する制御サイクル（制御周期）はクランク角周期（所謂TDC）である。

【0068】次に本実施形態のシステムの作動を前記コントローラ2の吸入空気量操作手段25及び点火時期操

作手段26の機能と併せて説明する。

【0069】まず、本実施形態のシステムの基本的な動作の概要を図3を参照して簡単に説明しておく。図3は内燃機関1の始動からアイドル運転にかけての運転における前記バイパス弁7の開度（以下、バイパス開度という）、点火時期、及び回転数の時間的変化の例示的な形態をそれぞれ上段、中段、及び下段に示したものである。

【0070】同図3を参照して、本実施形態のシステムでは、内燃機関1の運転停止状態で図示しないスタートスイッチを操作する等してシステムを起動すると、システムの動作は、まず、内燃機関1のクランクをスタータモータ（図示しない）により行いつつ該内燃機関1の始動を行う動作モード（以下、始動モードという）となる。この始動モードでは、バイパス開度及び点火時期はそれぞれ図示のように操作され、また、内燃機関1の回転数 $N_e$ は図示のように変動する。

【0071】尚、本実施形態のシステムでは、内燃機関1の運転中の前記スロットル弁5の開度は、前記アクセル操作量 $A_p$ に応じたものとされ、アクセルペダル（図示しない）の操作がなされていない状態（ $A_p=0$ の状態）。この状態は、車両の停車中は、内燃機関1のアイドル運転状態である）では、スロットル弁5の開度は「0」（スロットル弁5の閉弁状態）である。そして、この状態では、燃焼室4の吸気は、バイパス通路8のみを介して行われる。図3は、このようにバイパス通路8のみを介して燃焼室4の吸気が行われる場合に関するものである。

【0072】上記始動モードにおいて内燃機関1の所謂、完爆が確認されると、システムの動作は、内燃機関1のアイドル運転を行いつつ前記触媒装置3の早期活性化を図るための動作モード（以下、FIREモードという）に移行する。

【0073】このFIREモードでは、例えば図3の上段に示すような時間的変化の形態（パターン）で、通常のアイドリング運転時（FIREモード以外でのアイドル運転時）よりも大きなバイパス開度の指令値 $\theta_{CMD}$ を逐次生成する。そして、この指令値 $\theta_{CMD}$ に従ってバイパス開度を前記バイパス弁アクチュエータ24を介して操作することで、内燃機関1の燃焼室4の吸入空気量を通常のアイドリング運転時よりも増量させる。

【0074】この場合、FIREモードの動作は、基本的には、その動作が開始してからの経過時間 $t_{fire}$ （これは、吸入空気量の増量を開始してからの経過時間である。以下、FIRE経過時間 $t_{fire}$ という）が所定の制限時間 $TFIRELMT$ （以下、FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ という）に達するまで行われる。

【0075】そして、このFIREモードにおける前記バイパス開度の指令値 $\theta_{CMD}$ は、基本的には、上記FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ 内で触媒装置3の所望の昇



温・活性化を適正に行い得る熱量の排ガス（該排ガスの熱量は概ね内燃機関 1 の燃焼室 4 の吸入空気量に比例する）を触媒装置 3 に供給することができ、また、FIRE モードにおける内燃機関 1 の燃焼状態やエミッション状態等を良好に保ちつつ該内燃機関 1 のアイドリング運転を安定して円滑に行うことができるように設定される。

【0076】FIRE モードにおけるこのような吸入空気量の増量（バイパス開度の増加）に伴い、その増量開始直後の内燃機関 1 の回転数  $N_e$ （実回転数）は、図 3 の下段に実線で示すような形態で上昇していく。そして、該回転数  $N_e$  が、FIRE モードにおいて最終的に維持すべき適正な回転数としてあらかじめ定めたアイドリング回転数  $NOBJ$ （一定）よりも所定量  $NEFSLDS$  だけ高い設定回転数（ $NOBJ + NEFSLDS$ ）に到達すると、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を所要の目標回転数  $ne/fire$  に収束させるためのフィードバック制御によって、内燃機関 1 の点火時期を図 3 の中段に実線で示すように操作する。以下、この回転数  $N_e$  のフィードバック制御を点火時期操作回転数  $F/B$  制御という。尚、この点火時期操作回転数  $F/B$  制御は、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が上記設定回転数（ $NOBJ + NEFSLDS$ ）に到達した場合の他、前記 FIRE 経過時間  $t/fire$  があらかじめ定めた所定値  $TSLDIGST$ （図 3 の下段を参照）に達した場合にも開始される。

【0077】この点火時期操作回転数  $F/B$  制御では、図 3 の下段に破線で示すような形態で内燃機関 1 の目標回転数  $ne/fire$  が設定される。該目標回転数  $ne/fire$  は、上記設定回転数（ $NOBJ + NEFSLDS$ ）から所定の低下度合い（傾き）で前記アイドリング回転数  $NOBJ$  に向かって低下され、該アイドリング回転数  $NOBJ$  に到達した後は、該アイドリング回転数  $NOBJ$  に保持される。尚、このアイドリング回転数  $NOBJ$  は、通常のアイドリング運転時の回転数よりも高い回転数に設定されている。

【0078】点火時期操作回転数  $F/B$  制御では、このように設定される目標回転数  $ne/fire$  に内燃機関 1 の回転数  $N_e$ （実回転数）を収束させるように、フィードバック制御処理によって図 3 の中段に破線で示すような点火時期の補正量  $DIG$ （この補正量  $DIG$  は後述する点火時期偏差指令値である）を求め、この補正量  $DIG$  だけ点火時期の基本指令値  $igbase$ （図 3 の中段に一点鎖線で示す）を補正することで、点火時期の指令値  $iglog$  を決定する。ここで、点火時期の基本指令値  $igbase$  は、内燃機関 1 の通常の運転時（FIRE モード以外の運転時）における点火時期の指令値に相当するものであり、進角側の値である。

【0079】そして、点火時期操作回転数  $F/B$  制御では、上記のように基本指令値  $igbase$  を補正した指令値  $iglog$  に従って内燃機関 1 の点火時期を前記点火装置 2 1 を介して操作することで、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を目標回転数  $ne/fire$  に（最終的にはアイドリング回転数  $NOBJ$  に）フィードバック制御する。

【0080】このとき、前述した吸入空気量の増量によって、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  は目標回転数  $ne/fire$  に対して上昇傾向となるので、点火時期操作回転数  $F/B$  制御により求められる前記補正量  $DIG$  は、点火時期を基本指令値  $igbase$  から遅角側に補正するものとなる。従って、この補正量  $DIG$ （ $\leq 0$ ）により基本指令値  $igbase$  を補正してなる点火時期  $iglog$  は、図 3 の中段の実線示のように遅角側のものとなる。

【0081】このように内燃機関 1 の始動後の最初のアイドリング運転時に行う FIRE モードは、上記のようなバイパス開度の操作による吸入空気量の増量と点火時期操作回転数  $F/B$  制御による点火時期の遅角側への操作とによって、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を所要の目標回転数  $ne/fire$ （最終的にはアイドリング回転数  $NOBJ$ ）に制御しつつ、内燃機関 1 がその燃焼室 4 で混合気の燃焼により生成する排ガスの熱量を通常のアイドリング運転時よりも多くするものである。そして、このように熱量を多くした排ガスを触媒装置 3 に供給することによって、触媒装置 3 の昇温・活性化を早め、該触媒装置 3 の所要の排ガス浄化性能を早期に確保するものである。

【0082】このような吸入空気量の増量と点火時期操作回転数  $F/B$  制御とを行う FIRE モードは、その動作途中で車両のアクセルペダルが操作される等した場合を除いて、前記 FIRE 経過時間  $t/fire$  が FIRE モード制限時間  $TFIRELMT$  に達するまで連続的に行われ、その後は、システムの動作は、内燃機関 1 の通常の運転を行うモード（以下、通常モードという）に移行する。この通常モードでは、バイパス開度は、例えば内燃機関 1 の通常のアイドリング運転を行うための開度（< FIRE モードにおけるバイパス開度。図 3 の上段の右側部分を参照）に操作される。また、内燃機関 1 の点火時期は、図 3 の中段の右側部分に示すように、FIRE モードの終了後、徐々に、前記基本指令値  $igbase$  により定まる通常の進角側の点火時期に戻される。

【0083】尚、本実施形態のシステムでは、前記 FIRE モードの動作中（FIRE 経過時間  $t/fire$  が FIRE モード制限時間  $TFIRELMT$  に達する前）に、車両の発進・走行を行ったり、内燃機関 1 の所謂、からぶかしを行うために図示しないアクセルペダルが操作され、内燃機関 1 のアイドリング以外の運転を行うべき状況となったときには、FIRE モードの中断動作を行う。

【0084】この中断動作にあつては、触媒装置 3 の昇温・活性化を確実なものとするために、前述のようなバイパス開度の操作による吸入空気量の増量は継続に行われるが、内燃機関 1 の所要の動力性能を確保するために、点火時期は、前記基本指令値  $igbase$  により定まる通常の進角側の点火時期に戻される（点火時期操作回転数  $F/B$  制御が中断される）。そして、FIRE モード制限時間  $TFIRELMT$  内に、再び内燃機関 1 のアイドリング



運転を行う状況となった場合には、点火時期操作回転数F/B制御が再開される。つまり、FIREモードの中断動作は、基本的には点火時期操作回転数F/B制御を中断する動作である。但し、バイパス開度の操作による吸入空気量の増量に関しても、該増量に係わる部分的な制御処理は中断される。

【0085】以上説明した内容が本実施形態のシステムの基本的動作の概要である。

【0086】次に、このような基本的動作を考慮しつつ、本実施形態のシステムの詳細な作動を以下に説明する。

【0087】内燃機関1の運転を停止した状態で本実施形態のシステムを起動すると、コントローラ2は図4のフローチャートに示すメインルーチン処理を所定の制御サイクル、すなわちクランク角周期(TDC)で実行する。

【0088】コントローラ2は、まず、システムの動作モードが前記始動モードであるか否かを判断する(STEP4-1)。この判断は、例えば内燃機関1の所謂完爆が確認されたか否かにより行われ、システムの起動後、該完爆が確認されるまでの間は、動作モードは始動モードである。尚、完爆の確認は、回転数センサ14の出力(回転数Neの検出値)等に基づいて行われる。

【0089】STEP4-1の判断で、動作モードが始動モードである場合には、コントローラ2は、内燃機関1を始動するための始動モード処理を制御サイクル毎に実行する(STEP4-2)。

【0090】この始動モード処理においては、コントローラ2は、内燃機関1を始動する上で適正な点火時期、燃料供給量、及びバイパス開度の指令値を、それぞれ前述の各種センサ14~20の出力(検出値)や所定のマップ、演算式等に基づいて決定する。そして、その決定した指令値に従って前記点火装置21、燃料供給装置22、及びバイパス弁アクチュエータ24を介して点火時期、燃料供給量及びバイパス開度(吸入空気量)を操作しつつ、図示しないスタータモータによる内燃機関1のクランクングを行わしめることで、内燃機関1を始動する。

【0091】また、始動モード処理では、コントローラ2は前記FIREモードの制御処理で使用するフラグ等の各種パラメータ(詳細は後述する)の初期設定を行う。

【0092】さらに、始動モード処理では、内燃機関1の始動時の機関温度Tw、大気温度Ta及び大気圧Paがそれぞれ機関温度センサ15、大気温度センサ17及び大気圧センサ18により検出されて図示しないメモリに記憶保持される。

【0093】一方、STEP4-1の判断で、動作モードが始動モードでない場合には(内燃機関1の完爆が確認された場合)には、コントローラ2は、制御サイクル

毎に、内燃機関1への燃料供給量の指令値を生成する

(STEP4-3)。さらに、コントローラ2は、FIREモードの制御処理を行うべきか否か(動作モードをFIREモードにするか通常モードにするか)の条件判断を行った後(STEP4-4)、バイパス開度の指令値θCMDを前記吸入空気量操作手段25によって生成し(STEP4-5)、また、内燃機関1の点火時期の指令値iglogを、前記点火時期操作手段26によって生成する(STEP4-6)。

【0094】前記STEP4-3における燃料供給量の指令値の生成処理では、まず、前記回転数センサ14及び吸気圧センサ16により検出される内燃機関1の回転数Ne(実回転数)及び吸気圧Pbから、あらかじめ定められたマップに基づいて基本燃料供給量が求められる。そして、この基本燃料供給量を前記機関温度センサ15や大気温度センサ17により検出される機関温度Twや大気温度Ta等に応じて補正することで、内燃機関1の燃焼室4の吸入空気量に対応した燃料供給量の指令値が生成される。

【0095】このように生成された燃料供給量の指令値は、制御サイクル毎に、コントローラ2から前記燃料供給装置22に与えられ、該燃料供給装置22は、与えられた指令値に従って内燃機関1への燃料供給を行う。

【0096】また、前記STEP4-4における条件判断の処理は図5のフローチャートに示すように行われる。

【0097】すなわち、コントローラ2は、まず、現在の前記FIRE経過時間t/fireが前記FIREモード制限時間TFIRELMT内にあるか否か( $t/fire < TFIRELMT$ であるか否か。STEP5-1)、前記回転数センサ14により検出された現在の回転数Neが正常な所定範囲内にあるか否か(STEP5-2)、前記機関温度センサ15により検出された現在の機関温度Twが正常な所定範囲内にあるか否か(STEP5-3)を順次判断する。尚、STEP5-1で判断するFIRE経過時間t/fireは、前記始動モード処理(STEP4-2)において「0」に初期化され、始動モードが終了した時点(内燃機関1の完爆が確認された制御サイクル)から計時されるものである。

【0098】これらのSTEP5-1~5-3の条件が成立しない場合、すなわち、FIRE経過時間t/fireが既にFIREモード制限時間TFIRELMTに達している場合、あるいは、内燃機関1の現在の回転数Neが異常な高回転数もしくは低回転数となっている場合、あるいは内燃機関1の現在の機関温度Twが異常な高温もしくは低温となっている場合には、コントローラ2は、後述する学習演算に係わる処理(詳しくは後述する基本学習補正係数vpskisdの算出処理)を終了するか否かをそれぞれ値「1」、「0」で表すフラグf/flrncnd(以下、学習演算終了フラグf/flrncndという)の値を判断する



(STEP5-4)。そして、コントローラ2は、 $f/flrnen$  $d = 0$ である場合にのみ、現在のFIRE経過時間 $t/fire$ の値をパラメータ $t/ki1$ の値として保持しておく(STEP5-5)、さらに学習演算終了フラグ $f/flrnen$  $d$ の値を「1」に設定する(STEP5-6)。ここで、パラメータ $t/ki1$ は、後述する基本学習補正係数 $vp$  $skisld$ の算出処理を終了する際のFIRE経過時間 $t/fire$ を表すものである。以下、パラメータ $t/ki1$ を学習終了時刻パラメータ $t/ki1$ という。

【0099】尚、学習演算終了フラグ $f/flrnen$  $d$ 及び学習終了時刻パラメータ $t/ki1$ の値は、前記始動モード処理(STEP4-2)において「0」に初期化される。

【0100】次いで、コントローラ2は、FIRE経過時間 $t/fire$ の値を強制的にFIREモード制限時間 $TFIRELMT$ に固定した後(STEP5-7)、FIREモードの前述のような中断動作を行うべき状態であるか否かをそれぞれ値「1」、「0」で表すフラグ $f/fpause$ (以下、FIRE中断フラグ $f/fpause$ という)の値と、FIREモードの動作を行うべき状態であるか否かをそれぞれ値「1」、「0」で表すフラグ $f/fireon$ (以下、FIRE実行可否フラグ $f/fireon$ という)の値とを「0」に設定し(STEP5-8、5-9)、図4のメインルーチンの処理に復帰する。尚、FIREモードの動作を行うべき状態でない( $f/fireon = 0$ )ということは、前記通常モードの動作を行うべき状態であることを意味する。

【0101】一方、前記STEP5-1~5-3の条件が成立する場合には、コントローラ2は、アクセルセンサ19の出力(アクセル操作量 $A_p$ )により車両のアクセルペダルの操作がなされているか否か(STEP5-10)、内燃機関1のフューエルカット中であるか否か(STEP5-11)を順次判断する。尚、内燃機関1のフューエルカットは、車両の減速走行時等に燃料供給を遮断する処理である。また、車両のアクセルペダルの操作がなされている状態では、コントローラ2は、前記スロットル弁5の開度をアクセル操作量 $A_p$ に応じた開度に前記スロットル弁アクチュエータ23を介して操作する。

【0102】このとき、STEP5-10、5-11のいずれの条件も成立しない場合は、基本的には内燃機関1のアイドリング運転を行う状態である。この場合には、コントローラ2は、前記FIRE中断フラグ $f/fpause$ の値を「0」に設定し(STEP5-12)、さらに前記FIRE実行可否フラグ $f/fireon$ の値を「1」に設定した後(STEP5-13)、図4のメインルーチンの処理に復帰する。

【0103】また、STEP5-10、5-11のいずれかの条件が成立する場合には、コントローラ2は、FIREモードの中断動作を行うべく、FIRE中断フラグ $f/fpause$ の値を「1」に設定した後(STEP5-1

4)、前記学習演算終了フラグ $f/flrnen$  $d$ の値を判断する(STEP5-15)。そして、コントローラ2は、 $f/flrnen$  $d = 0$ である場合にのみ、現在のFIRE経過時間 $t/fire$ の値を前記学習終了時刻パラメータ $t/ki1$ の値として保持し(STEP5-16)、さらに学習演算終了フラグ $f/flrnen$  $d$ の値を「1」に設定する(STEP5-17)。

【0104】次いで、コントローラ2は、FIREモードの中断動作の終了後の点火時期の操作処理(詳細は後述する)に用いるカウンタダウタイム $cnt/igvpl$ の値を所定の初期値 $XCNT$ に設定した後(STEP5-18)、前記STEP5-13を経て図4のメインルーチンの処理に復帰する。

【0105】尚、STEP5-10、5-11のいずれかの条件が成立する状況、すなわち、FIREモードの中断動作を行うべくFIRE中断フラグ $f/fpause$ の値を「1」に設定する状況は、基本的には前記FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ 内で、車両のアクセルペダルの操作により、車両の発進・走行を行っている状況(内燃機関1がその負荷を駆動している状況)であるか、もしくは、内燃機関1の空ぶかしを行っている状況である。但し、FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ 内で車両を発進させたとき、その後の車両の減速走行中には、STEP5-10、5-11のいずれの条件も成立しない場合もある。つまり、FIREモードの中断動作を行う状況は、より正確に言えば、混合気の燃焼を行いながら内燃機関1のアイドリング運転以外の運転を行う状況である。

【0106】以上説明したSTEP4-4の条件判断の処理によって、内燃機関1の始動後(始動モードの終了後)、内燃機関1の回転数 $N_e$ や機関温度 $T_w$ が適正な範囲内にある限り、前記FIRE経過時間 $t/fire$ が前記FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ に達するまで、システムの動作モードはFIREモードに設定される( $f/fireon = 1$ )。そして、このFIREモードが設定されている状態では、該FIREモードの中断動作中を除き、基本的には、前述したようなバイパス開度の操作による吸入空気量の増量と点火時期操作回転数 $F/B$ 制御とが並行して行われる。

【0107】また、内燃機関1の回転数 $N_e$ や機関温度 $T_w$ がなんらかの原因で異常に高いか、もしくは低いものとなっている状況では、システムの動作モードは内燃機関1の始動直後から通常モードに設定されるか、もしくは、FIREモードが途中で解除(終了)されて通常モードが設定される( $f/fireon = 0$ )。そして、この通常モードが設定されている状態では、バイパス開度や点火時期は、内燃機関1の通常的な運転(FIREモード以外の運転)を行うためのバイパス開度や点火時期に操作される。さらに、通常モードが設定されるときには、前記STEP5-7においてFIRE経過時間 $t/fire$ の値を強制的にFIREモード制限時間 $TFIRELMT$ に固定す



るため、以後は、内燃機関 1 を再び始動するまで前記 STEP 5-1 の条件が成立することがない（FIRE 経過時間  $t_{\text{fire}}$  は始動モードにおいてのみ初期化される）。従って、FIRE モードは、内燃機関 1 の始動後、FIRE モード制限時間  $TFIRELMT$  が経過するまでの期間においてのみ設定される。

【0108】また、システムの動作モードが FIRE モードに設定されている状態（ $f_{\text{fireon}}=1$ ）で、アクセルペダルの操作によって車両の走行が行われたり、内燃機関 1 の空ぶかしが行われたような場合、すなわちアイドリング運転以外の内燃機関 1 の運転を行うべき場合（STEP 5-10、5-11 のいずれかの条件が成立する場合）には、前記 FIRE 中断フラグ  $f_{\text{fpause}}$  が「1」に設定される。この場合には、前述のようにバイパス開度の操作による吸入空気量の増量は行わうが、点火時期操作回転数  $F/B$  制御は中断する、というような FIRE モードの中断動作が行われることとなる。そして、動作モードが FIRE モードで、且つ中断動作が行われている状態（ $f_{\text{fireon}}=1$  且つ  $f_{\text{fpause}}=1$ ）において、STEP 5-10、5-11 のいずれかの条件も成立しなくなり、FIRE 中断フラグ  $f_{\text{fpause}}$  が「0」に戻された場合（これは、基本的にはアイドリング運転を再開する場合である）には、中断動作が解除され、点火時期操作回転数  $F/B$  制御が再開される。

【0109】尚、アクセルペダルの操作により FIRE モードの中断動作が行われる状況（STEP 5-10 の条件が成立）では、前記スロットル弁 5 の開度がアクセル操作量  $A_p$  に応じたもの（ $>0$ ）とされる。このため、この状況では、内燃機関 1 の燃焼室 4 には、バイパス弁 7 とスロットル弁 5 との両者を介して吸気が行われることとなる。

【0110】また、本実施形態では採用していないが、始動モードの終了後、若干の時間が経過するまでは、システムの動作モードを FIRE モードに設定しないようにしてもよい。

【0111】次に、前記図 4 の STEP 4-5 におけるバイパス開度の指令値  $\theta_{\text{CMD}}$  の生成処理について説明する。

【0112】ここで、この処理の具体的な内容を詳細に説明する前に、この処理の基本的な内容を説明しておく。

【0113】本実施形態のシステムでは、FIRE モードにおけるバイパス開度の指令値  $\theta_{\text{CMD}}$  を生成するためにコントローラ 2 の吸入空気量操作手段 25 が行う主要な処理として、バイパス開度の標準指令値  $\theta_0$ （以下、標準開度指令値  $\theta_0$  という）を生成する処理（以下、標準開度指令値生成処理という）と、内燃機関 1 の燃焼室 4 の実際の吸入空気量の積算値を所要の目標値に収束させるようにフィードバック制御処理によってバイパス開度の指令値を補正するための処理（以下、吸気量  $F/B$

制御補正処理という）と、この吸気量  $F/B$  制御補正処理によるバイパス開度の指令値の補正量を FIRE モードの動作が行われる毎に学習し、その学習結果に基づいて次の FIRE モードの動作に際してバイパス開度の指令値を補正するための処理（以下、学習補正処理という）と、前記大気圧センサ 18 及び大気温度センサ 17 によりそれぞれ検出される大気圧  $P_a$  及び大気温度  $T_a$  のそれぞれに応じてバイパス開度の指令値を補正するための処理（以下、大気条件補正処理という）と、前記点火時期操作回転数  $F/B$  制御によって操作される点火時期に応じてバイパス開度の指令値を補正するための処理（以下、点火時期応動補正処理という）とがある。以下にこれらの処理の基本的な内容を説明する。

【0114】まず、前記標準開度指令値生成処理に関して説明する。

【0115】本実施形態のシステムでは、FIRE モードにおける吸入空気量の増量は、触媒装置 3 の早期の昇温・活性化を主目的とするものであり、この場合、FIRE モード制限時間  $TFIRELMT$  内で触媒装置 3 の所望の昇温・活性化を確実にに行い得る熱量の排ガス（該排ガスの熱量は概ね内燃機関 1 の燃焼室 4 の吸入空気量に比例する）を触媒装置 3 に供給することができるように吸入空気量を増量させてやる必要がある。

【0116】一方、この吸入空気量の増量は、内燃機関 1 の始動後、直ちに開始するものであると共に、前記点火時期操作回転数  $F/B$  制御によって点火時期を通常の点火時期よりも遅角側に操作しながら行うものであるため、該吸入空気量の増量形態（増量の時間的変化のパターン）が不適切であると、内燃機関 1 の燃焼状態やエミッション状態を損なう虞れがある。従って、FIRE モードにおける吸入空気量の増量は、FIRE モードにおける内燃機関 1 の燃焼状態やエミッション状態等を損なうことなく該内燃機関 1 のアイドリング運転を安定して円滑に行うことができるように行う必要がある。

【0117】このために、前記標準開度指令値生成処理では、吸入空気量の増量のために前記バイパス弁アクチュエータ 24 に与えるべきバイパス開度の指令値の基本となる前記標準開度指令値  $\theta_0$  を、内燃機関 1 の始動時（始動モード）における機関温度  $T_w$  や前記 FIRE 経過時間  $t_{\text{fire}}$  等に応じて制御サイクル（TDC）毎にフィードフォワード的に生成する。

【0118】この標準開度指令値生成処理は次のように行われる。

【0119】まず、内燃機関 1 の始動時（始動モード）に前記機関温度センサ 15 により検出された機関温度  $T_w$  から、あらかじめ定められたデータテーブルに基づき標準開度指令値  $\theta_0$  の基本値  $i/ftb1$ （これは FIRE モードの動作中の標準開度指令値  $\theta_0$  の最大値である）を決定する。

【0120】この場合、本実施形態では、上記基本値  $i/$



ftblは、FIREモードの動作中における車両の図示しない自動変速機の操作レバーの操作位置（以下、シフト位置という）がNレンジ（ニュートラルレンジ）にある場合と、Dレンジ（ドライブレンジ）にある場合とで各別の値を決定する。

【0121】すなわち、自動変速機の前記シフト位置がNレンジにある場合には、内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ から、図6の実線aのデータテーブルに従って求まる値ifiret（以下、Nレンジ基本値ifiretという）を標準開度指令値 $\theta_0$ の基本値i/ftblとして決定する。

【0122】ここで、実線aのデータテーブルは、基本的には、機関温度 $T_w$ が高い程、Nレンジ基本値ifiretが小さくなるように設定されている。これは、内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ は、触媒装置3の初期温度に相当し、該温度が高い程、触媒装置3の所望の昇温・活性化を行う上で必要な熱量、ひいては内燃機関1の吸入空気量が少なくて済むからである。

【0123】また、自動変速機のシフト位置がDレンジにある場合には、内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ から、図6の実線bのデータテーブルに従って求まる値iatfire（以下、Dレンジ補正値iatfireという）を上記Nレンジ基本値ifiretに加算した値を標準開度指令値 $\theta_0$ の基本値i/ftbl（=ifiret+iatfire）として決定する。

【0124】ここで、実線bのデータテーブルは、基本的には、内燃機関1の始動時の任意の機関温度 $T_w$ において、Dレンジでの基本値ftblをNレンジの場合よりも若干高めるように設定されている。これは、DレンジではNレンジの場合よりも内燃機関1の駆動力を吸収する負荷が多くなって、内燃機関1の回転数低下を引き起しやすいと共に排ガスの熱量がNレンジの場合よりも少なくなるからである。

【0125】尚、本実施形態では、触媒装置3の初期温度（内燃機関1の始動時における触媒装置3の温度状態）に相当するものとして内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ を用いているが、内燃機関1の始動時に触媒装置3の初期温度を直接的に検出し、その検出温度から上記と同様に標準開度指令値 $\theta_0$ の基本値i/ftblを決定するようにしてもよい。

【0126】また、本実施形態では、車両に自動変速機を採用しているため、Nレンジと、Dレンジとで各別の基本値i/ftblを設定しているが、手動操作式の変速機を車両に搭載している場合には、このような区別を行うことなく単一の基本値i/ftblを内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ （あるいは触媒装置3の初期温度）に応じて上記と同様に設定するようにしてもよい。

【0127】このようにして標準開度指令値 $\theta_0$ の基本値i/ftblを決定する一方、標準開度指令値生成処理では、さらに、前記FIRE経過時間t/fireから、図7に示す如くあらかじめ定められたデータテーブル（タイム

テーブル）に従って上記基本値i/ftblを補正（乗算補正）するための補正係数km/fire（ $\leq 1$ ）を制御サイクル毎に求める。そして、この補正係数km/fireを上記基本値i/ftblに乗算してなる値を標準開度指令値 $\theta_0$ （=i/ftbl・km/fire）として決定する。

【0128】ここで、図7のデータテーブルでは、FIREモードの初期段階（t/fire：0～t1）では、始動直後の内燃機関1の燃焼状態等を安定化するために、標準開度指令値 $\theta_0$ を基本値i/ftblに向かって徐々に増加させていくように、補正係数km/fireを「1」に向かって徐々に増加させていく。そして、標準開度指令値 $\theta_0$ が基本値i/ftblに達してから（補正係数km/fireが「1」に達してから）は、所定時間の間（t/fire：t1～t2）、標準開度指令値 $\theta_0$ を基本値i/ftblに維持するように補正係数km/fireを「1」に設定する。その後は（t/fire：t2～TFIRELMT）、標準開度指令値 $\theta_0$ を緩やかに減少させていくように、補正係数km/fireを緩やかに減少させていく。このように、標準開度指令値 $\theta_0$ を緩やかに減少させていくのは次の理由による。

【0129】すなわち、内燃機関1の暖機がある程度進行すると、該内燃機関1の各部のフリクション（摩擦）が徐々に低下していき、内燃機関1の回転数Neの上昇傾向が高まり、その結果、前記点火時期操作回転数F/B制御により操作される内燃機関1の点火時期はより遅角側に移行していくこととなる。そして、このとき、内燃機関1の点火時期が、内燃機関1の正常な運転を行いつつ該点火時期を操作し得る遅角側の限界値まで達してしまうと、内燃機関1の回転数Neの上昇傾向を抑えることができなくなってしまう。このような事態を予防するために、FIRE経過時間t/fireが所定時間t2に達し、FIREモードの動作がある程度進行した後（内燃機関1の暖機がある程度進行した後）は、標準開度指令値 $\theta_0$ （内燃機関1の吸入空気量）を緩やかに減少させ、フリクションの低下による回転数Neの上昇傾向を抑制する。尚、上記所定時間t2は、本発明の構成に対応させると、第1の所定時間に相当するものである。

【0130】以上説明した内容が前記標準開度指令値生成処理の内容である。

【0131】本実施形態のシステムでは、基本的には、上記のようにフィードフォワード的に生成する標準開度指令値 $\theta_0$ に従ってバイパス開度を操作することで、内燃機関1の運転を安定して行いつつ、触媒装置3の所望の昇温・活性化を適正に行うことを可能としている。

【0132】次に、前記吸気量F/B制御補正処理及び大気条件補正処理について説明する。

【0133】本実施形態では、前記標準開度指令値生成処理において前述の如く決定する標準開度指令値 $\theta_0$ は、バイパス弁アクチュエータ24に与えるバイパス開度の指令値に対して、バイパス弁7の実際の開度や内燃機関1の燃焼室4の実際の吸入空気量が基準的な一定の



相関関係で一義的に定まり、また、大気圧  $P_a$  や大気温度  $T_a$  がそれぞれ所定の標準大気圧（例えば 1 気圧）、標準大気温度（例えば 25°C の常温）である、というような理想的な条件を前提として定めたものである。

【0134】しかるに、バイパス開度の指令値に対するバイパス弁 7 の実際の開度あるいは実際の吸入空気量は、バイパス弁アクチュエータ 24 やバイパス弁 7 の動作特性のばらつき、あるいは経時的な特性変化等起因してばらつきを生じる（以下、このような吸入空気量のばらつきを構造要因によるばらつきという）。

【0135】また、上記のような構造要因によるばらつきが無いとしても、バイパス開度の指令値に対する実際の吸入空気量は、大気圧  $P_a$  によってばらつきを生じる。さらに、この大気圧  $P_a$  の影響よりは小さいものの、バイパス開度の指令値  $\theta_{CMD}$  に対する実際の吸入空気量は、大気温度  $T_a$  によってもばらつきを生じる（以下、このような大気圧  $P_a$ 、大気温度  $T_a$  による吸入空気量のばらつきを大気条件によるばらつきという）。

【0136】すなわち、バイパス開度の指令値を一定（バイパス開度を一定）としたとき、実際の吸入空気量は大気圧  $P_a$  が低い程、少なくなる。また、大気温度  $T_a$  が高い程、空気の密度が小さくなるので、実際の吸入空気量（吸入空気の質量）は大気温度  $T_a$  が高い程、少なくなる。

【0137】このような吸入空気量のばらつきが生じると、内燃機関 1 が生成する排ガスの熱量（これは概ね吸入空気量に比例する）のばらつきも生じるため、触媒装置 3 の昇温形態のばらつきも生じる。このため、場合によっては、FIRE モードにおける吸入空気量の増量の主目的である触媒装置 3 の早期の昇温・活性化を確実に行うことができず、ひいては FIRE モードの動作中に触媒装置 3 の所要の浄化性能を確保することができなくなる虞れがある。

【0138】前記吸気量  $F/B$  制御補正処理及び大気条件補正処理は、このような不都合を解消するために行う処理であり、このうち、吸気量  $F/B$  制御補正処理は、前述した構造要因によるばらつきを補償するための処理、大気条件補正処理は、大気条件によるばらつきを補償するための処理である。

【0139】まず、前記構造要因によるばらつきを補償するための吸気量  $F/B$  制御補正処理に関して説明する。

【0140】この吸気量  $F/B$  制御補正処理における基本的な考え方としては、FIRE モードの動作中に、内燃機関 1 の排ガスにより触媒装置 3 に実際に与える熱量

$$q_{air/pre}(k) = q_{air/pre}(k-1) + g_{air/pre} \quad (2)$$

【0149】ここで、式 (2) 中の  $k$  は制御サイクルの番数である（以下、同様）。

【0150】尚、内燃機関 1 の実際の吸入空気量の積算値は、例えばエアフローセンサ等により制御サイクル

を表す熱量データを逐次（制御サイクル毎に）検出もしくは推定して取得し、その熱量データの値が所定の目標値（これは触媒装置 3 に与えるべき目標熱量に相当する）に収束させるようにフィードバック制御処理によりバイパス開度の指令値を補正する。そして、この補正した指令値に基づきバイパス開度を操作することで、触媒装置 3 に実際に与える熱量を、それを表す上記熱量データの値の目標値に対応する目標熱量に合致させ、これにより、触媒装置 3 の昇温形態のばらつきを解消する。

【0141】この場合、触媒装置 3 に与える熱量を表す熱量データとしては、例えば制御サイクル毎（瞬時瞬時の）の吸入空気量もしくは燃料供給量（これらは基本的には触媒装置 3 に与える制御サイクル毎の（瞬時瞬時の）熱量に比例する）、あるいはそれらの積算値（これは触媒装置 3 に与える瞬時瞬時の熱量の積算値に比例する）、あるいは触媒装置 3 の温度上昇量（触媒装置 3 の初期温度からの温度上昇量が触媒装置 3 に与える瞬時瞬時の熱量の積算値に比例する）等が挙げられる。

【0142】そして、本実施形態では、上記熱量データとして例えば吸入空気量の積算値を用いることとし、FIRE モードの動作中の内燃機関 1 の実際の吸入空気量の積算値を制御サイクル毎に次のように推定し、またその積算値の目標値を制御サイクル毎に次のように設定する。

【0143】まず、吸入空気量の積算値の推定に関し、本実施形態における制御サイクルである 1 TDC 当たり内燃機関 1 の燃焼室 4 に吸入される吸入空気量は、概ね、前記図 2 に示したチャンバー 13 の内圧、すなわち吸気圧  $P_b$  に比例する。

【0144】そこで、本実施形態では、制御サイクル毎の吸入空気量の推定値  $g_{air/pre}$  を次式 (1) により求める（以下、この推定値  $g_{air/pre}$  を推定吸入空気量  $g_{air/pre}$  という）。

【0145】

【数 1】

$$g_{air/pre} = P_b \cdot G_{a1} \quad (1)$$

【0146】ここで、式 (1) 中の係数  $G_{a1}$  は、あらかじめ定めた所定値（一定値）である。

【0147】そして、この推定吸入空気量  $g_{air/pre}$  を、FIRE モードの動作中に次式 (2) により制御サイクル毎に累積加算していくことで、吸入空気量の積算値  $q_{air/pre}$  を求める（以下、この積算値  $q_{air/pre}$  を推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  という）。

【0148】

【数 2】

毎の吸入空気量を直接的に検出し、それを積算することで得るようにしてもよい。

【0151】次に、触媒装置 3 に与える熱量の積算値の目標値に相当する吸入空気量の積算値の目標値（以下、



目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ という)は、触媒装置3の昇温・活性化を適正に行う上では、種々の形態で設定することが可能である。しかるに、その目標値は、FIREモードの動作中の内燃機関1の吸入空気量、ひいては内燃機関1の燃焼状態、エミッション状態等に影響を及ぼすこととなるので、該内燃機関1の運転の安定性を考慮する必要がある。

【0152】そこで、本実施形態では、前述の如く理想的な条件下で、触媒装置3の昇温・活性化を適正に行い、また、安定した内燃機関1の運転を行い得るように定めた前記標準開度指令値 $\theta_0$ に基づいて上記目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ を設定する。

【0153】すなわち、前記標準開度指令値 $\theta_0$ は、バイパス開度の指令値に対して実際のバイパス開度や吸入空気量が一義的に定まる、大気圧 $P_a$ 及び大気温度 $T_a$ がそれぞれ一定の標準大気圧及び標準大気温度である、というような理想的な条件下で、触媒装置3の昇温・活性化を適正に行い、また、安定した内燃機関1の運転を行い得るように設定したものである。言い換えれば、標準開度指令値 $\theta_0$ は、触媒装置3の昇温・活性化を適正に行い、また、安定した内燃機関1の運転を行うために燃焼室4に吸入されるべき最適な吸入空気量を規定するものである。

【0154】従って、上記のような理想的な条件下で、バイパス開度を標準開度指令値 $\theta_0$ に従って操作した場合における内燃機関1の燃焼室4の制御サイクル毎の吸入空気量を、制御サイクル毎の目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ として設定し、その目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ の積算値を上記目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ として設定すればよい。

【0155】この場合、上記目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ 及び目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ は制御サイクル毎に次のように標準開度指令値 $\theta_0$ から求めることができる。

【0156】まず、実際のバイパス開度を $\theta$ としたとき、バイパス弁7を通過する単位時間(一定時間)当たりの空気量 $G_i$ は、バイパス弁7の上流側の圧力である大気圧 $P_a$ と下流側の圧力である吸気圧 $P_b$ とを用いて一般的に次式(3)により表される。

【0157】

【数3】

$$G_i = C_i \cdot \theta \cdot \sqrt{P_a - P_b} \quad (3)$$

【0158】ここで、式(3)中の $C_i$ は、空気密度に応じた係数で、該空気密度は大気温度 $T_a$ に応じたものとなる。また、式(3)中の $\theta$ の項は、厳密には、バイ

$$q_{air}/cmd(k) = q_{air}/cmd(k-1) + g_{air}/cmd \quad (5)$$

【0166】尚、このようにして求められる目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ は、標準開度指令値 $\theta_0$ により定まるものであるため、内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ (あるいは触媒装置3の初期温度)に応じたものとな

バス弁7の箇所の有効開口面積であるが、ここでは、この有効開口面積の代わりにバイパス開度 $\theta$ を用いている。尚、有効開口面積に代わりにバイパス開度 $\theta$ を用いることによる影響の補正は、係数 $C_i$ に含めるようにしてもよい。

【0159】この場合、前記の理想的条件下で、バイパス開度を標準開度指令値 $\theta_0$ に従って操作したとき、式(3)において、 $\theta = \theta_0$ 、 $P_a$  = 標準大気圧(一定)となり、また、係数 $C_i$ も基本的には標準大気温度に応じた一定値となる。また、FIREモードにおける内燃機関1の定常的な運転状態では、吸気圧 $P_b$ の変化は比較的小さく、概ね一定値となる。さらに、FIREモードにおける内燃機関1の定常的な運転状態では、前記スロットル弁5は基本的には閉弁状態で、内燃機関1の燃焼室4の吸入空気量は、バイパス弁7を通過する空気量 $G_i$ に等しいと見なせる。

【0160】従って、理想的条件下で、バイパス開度を標準開度指令値 $\theta_0$ に従って操作したときの燃焼室4の単位時間(一定時間)当たりの吸入空気量は、標準開度指令値 $\theta_0$ に比例する。

【0161】よって、理想的条件下で、バイパス開度を標準開度指令値 $\theta_0$ に従って操作したときの燃焼室4の1制御サイクル(1TDC)当たりの吸入空気量、すなわち、前記目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ は、次式(4)により求めることができる。

【0162】

【数4】

$$g_{air}/cmd = \theta_0 \cdot \frac{1}{N_e} \cdot G_{a2} \quad (4)$$

【0163】ここで、式(4)中で内燃機関1の回転数 $N_e$ の逆数( $1/N_e$ )の項が含まれるのは、本実施形態で1制御サイクル(1TDC)の時間が回転数 $N_e$ に反比例するからである。また、式(4)中のパラメータ $G_{a2}$ は、前述したことから明かなように、標準大気圧や標準大気温度、FIREモードにおける内燃機関1の定常的な運転状態での標準的な吸気圧 $P_b$ 等により定まる所定の定数である。

【0164】そして、本実施形態では、この式(4)により求まる目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ を、FIREモードの動作中に次式(5)により制御サイクル毎に累積加算していくことで、前記目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ を求める。

【0165】

【数5】

る。また、該目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ に対応して、内燃機関1の燃焼室4に吸入されるべき制御サイクル毎の吸入空気量、すなわち前記目標吸入空気量 $g_{air}/cmd$ は、標準開度指令値 $\theta_0$ と同じような時間的変化の形態



で F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  に応じて変化するものとなる。

【0167】また、上記のような目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$  は、あらかじめタイムテーブルにより設定しておき、このタイムテーブルを用いて制御サイクル毎に F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  から求めるようにしてもよい。

【0168】本実施形態のシステムでは、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理は、基本的には、上記のように求めた前記推定積算吸入空気量  $q_{\text{air/pre}}$ （これは触媒装置 3 に実際に与える熱量の積算値に相当する）を目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$ （これは触媒装置 3 に与えるべき熱量の積算値の目標値に相当する）に収束させるように（これらの偏差を解消するように）フィードバック制御処理によりバイパス開度の指令値の補正量を求め、この補正量により標準開度指令値  $\theta_0$  を補正してバイパス開度の指令値を決定することで、前述した構造要因による吸入空気量のばらつきを補償し、ひいては、触媒装置 3 の昇温形態のばらつきを解消するものである。

【0169】この場合、吸気量  $F/B$  制御補正処理では、後述の如く、推定積算吸入空気量  $q_{\text{air/pre}}$  と目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$  との偏差の減衰速度（推定積算吸入空気量  $q_{\text{air/pre}}$  の目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$  への収束速度）を状況によって可変的に設定することが好ましいこと等から、該減衰速度を任意に所望の減衰速度に指定可能な応答指定型制御としてのスライディングモード制御（より詳しくは適応スライディングモード制御）を上記のフィードバック制御処理に用いる。

【0170】この適応スライディングモード制御（以下、吸気側適応 S L D 制御という）を用いて、推定積算吸入空気量  $q_{\text{air/pre}}$  を目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$  に収束させるようにバイパス開度の指令値を補正する吸気量  $F/B$  制御補正処理のアルゴリズムは本実施形態では次のように構築されている。尚、以下の説明においては説明の便宜上、しばらくの間、上記推定積算吸入空気量  $q_{\text{air/pre}}$  を含めて内燃機関 1 の燃焼室 4 の実際の吸入空気

量の積算値を参照符号  $Q_a$  を用いて積算吸入空気量  $Q_a$  と称し、その目標値を参照符号  $q$  を用いて目標積算量  $q$ （これは、目標積算吸入空気量  $q_{\text{air/cmd}}$  に相当する）と称する。また、バイパス開度の指令値を一般的に参照符号  $\theta$  を用いて開度指令  $\theta$  と称する。

【0171】まず、内燃機関 1 の燃焼室 4 の前記制御サイクル毎の実際の吸入空気量を参照符号  $G_{\text{cyl}}$  を用いて表し、この吸入空気量  $G_{\text{cyl}}$  と前記開度指令  $\theta$  との相関関係を次式（6）のように 1 次遅れ系の離散系（離散時間系）モデル（1 次の自己回帰モデル）で表現する。

【0172】

【数 6】

$$G_{\text{cyl}}(k+1) = \alpha \cdot G_{\text{cyl}}(k) + \beta \cdot \theta(k) \quad (6)$$

【0173】ここで、式（6）中の  $\alpha$ 、 $\beta$  は、大気圧  $P_a$  や大気温度  $T_a$ 、吸気圧  $P_b$ 、回転数  $N_e$  等に応じたモデルパラメータである。

【0174】また、制御サイクル毎の前記積算吸入空気量  $Q_a$  は、次式（7）により表されるので、

【0175】

【数 7】

$$Q_a(k) = Q_a(k-1) + G_{\text{cyl}}(k) \quad (7)$$

【0176】この式（7）と前記式（6）とを用いて次式（8）が得られる。

【0177】

【数 8】

$$\begin{aligned} Q_a(k+1) &= Q_a(k) + G_{\text{cyl}}(k+1) \\ &= Q_a(k) + \alpha \cdot G_{\text{cyl}}(k) + \beta \cdot \theta(k) \end{aligned} \quad (8)$$

【0178】ここで、この式（8）中の  $G_{\text{cyl}}(k)$  は、式（7）によって  $G_{\text{cyl}}(k) = Q_a(k) - Q_a(k-1)$  であるので、これを式（8）に代入して整理すると、次式（9）が得られる。

【0179】

【数 9】

$$\begin{aligned} Q_a(k+1) &= Q_a(k) + \alpha \cdot (Q_a(k) - Q_a(k-1)) + \beta \cdot \theta(k) \\ &= (1 + \alpha) \cdot Q_a(k) - \alpha \cdot Q_a(k-1) + \beta \cdot \theta(k) \\ \therefore Q_a(k+1) &= a_1 \cdot Q_a(k) + b_1 \cdot Q_a(k-1) + C_1 \cdot \theta(k) \end{aligned} \quad (9)$$

（但し、 $a_1 = 1 + \alpha$ ,  $b_1 = -\alpha$ ,  $C_1 = \beta$ ）

【0180】この式（9）は、本実施形態のシステムにおいて、開度指令  $\theta$  から積算吸入空気量  $Q_a$  を生成する系、すなわち、前記吸気側適応 S L D 制御の制御対象とすべき系を離散系のモデル（2 次の自己回帰モデル。以下、吸気制御対象モデルという）で表現したものである。すなわち、該吸気制御対象モデルは、吸気側適応 S L D 制御の制御対象の出力としての各制御サイクルにおける積算吸入空気量  $Q_a(k+1)$  を、それより過去の制御サイクルにおける積算吸入空気量  $Q_a$  の時系列データ

$Q_a(k)$ 、 $Q_a(k-1)$ 、並びに吸気側適応 S L D 制御の制御対象の入力としての開度指令  $\theta(k)$  を用いて表現するものである。尚、式（9）において、積算吸入空気量  $Q_a(k)$ 、 $Q_a(k-1)$  にそれぞれ係る係数  $a_1$ 、 $a_2$  と、開度指令  $\theta(k)$  に係る係数  $b_1$  とは吸気制御対象モデルの挙動特性を規定するモデルパラメータである。

【0181】本実施形態では、この吸気制御対象モデルに基づいて、吸気側適応 S L D 制御のアルゴリズムを以下の如く構築している。



【0182】すなわち、吸気側適応SLD制御では、スライディングモード制御に必要な切換関数 $\sigma_1$ を、前記積算吸入空気量 $Q_a$ と前記目標積算量 $q$ との偏差 $E_q = Q_a - q$ の制御サイクル毎の時系列データ $E_q(k)$ 、 $E_q$

$$\sigma_1(k) = s_1 \cdot (Q_a(k) - q(k)) + s_2 \cdot (Q_a(k-1) - q(k-1))$$

$$= s_1 \cdot E_q(k) + s_2 \cdot E_q(k-1)$$

【0184】ここで、式(10)中の $s_1$ 、 $s_2$ は切換関数 $\sigma_1$ の各項の係数パラメータであり、次式(11)の条件を満たすように設定する。

【0185】

【数11】

$$-1 < \frac{s_2}{s_1} < 1 \quad (11)$$

( $s_1=1$ のとき、 $-1 < s_2 < 1$ )

【0186】尚、本実施形態では、簡略化のために $s_1 = 1$ としている。また、本実施形態では、係数パラメータ $s_2$ の値(より一般的には、 $s_2 / s_1$ の値)を可変的に設定するのであるが、これについては後述する。

【0187】このように切換関数 $\sigma_1$ を定義したとき、前記偏差 $E_q$ の時系列データ $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ の組から成る状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )を図8に示す如く、 $\sigma_1 = 0$ なる関係式によって定義される切換線(これはすべり線とも言われる)上に収束させ、その収束状態を維持すると、状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )を、外乱等の影響によらずに極めて安定に切換線 $\sigma_1 = 0$ 上の平衡点、すなわち、 $E_q(k) = E_q(k-1) = 0$ となる点に収束させることができる。

【0188】尚、本実施形態では、切換関数 $\sigma_1$ に関する位相空間が2次元であるため(状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )の成分が二つ)、切換線 $\sigma_1 = 0$ は直線となるが、位相空間が3次元である場合には、切換線は平面と

$$\begin{aligned} \Theta_{eq}(k) = & \frac{-1}{s_1 \cdot b_1} \cdot \left[ (s_1 \cdot (a_1 - 1) + s_2) \cdot Q_a(k) \right. \\ & + (s_1 \cdot a_2 - s_2) \cdot Q_a(k-1) \\ & - s_1 \cdot (q(k+1) - q(k)) \\ & \left. - s_2 \cdot (q(k) - q(k-1)) \right] \quad (13) \end{aligned}$$

【0194】尚、この式(13)は、状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )を切換線 $\sigma_1 = 0$ に拘束するための $\sigma_1(k) = \sigma_1(k-1)$ なる条件と、前記吸気制御対象モデルの式(9)とに基づいて導出することができるものである。

【0195】また、到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ は、それらを定める種々の手法が考えられるが、本実施形態では、到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ は、それぞれ前記切換関数 $\sigma_1$ の値、及び該切換関数 $\sigma_1$ の値の積算値(積分値)に比例させたものとし、それぞれ次式(14)、(15)により定める。

( $k-1$ )を変数とする次式(10)の線形関数により定義する。

【0183】

【数10】

(10)

なり、この場合には、該切換線はすべり面といわれることもある。さらに、位相空間が4次元以上の高次元になると、切換線は幾何学的に図示できない超平面となる。

【0189】一方、前記積算吸入空気量 $Q_a$ を前記目標積算量 $q$ に収束させるために、前記式(9)によりモデル化した制御対象に与えるべき入力として吸気側適応SLD制御が生成する制御入力、すなわち開度指令 $\Theta$ は、基本的には、前記状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )を前述の如く定めた切換線 $\sigma_1 = 0$ に拘束するための制御則に基づいて定める等価制御入力 $\Theta_{eq}$ と、状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )を切換線 $\sigma_1 = 0$ に収束させるための制御則である到達則に基づいて定める到達則入力 $\Theta_{rch}$ と、状態量( $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ )の切換線 $\sigma_1 = 0$ への収束に際しての外乱等の影響を排除するための制御則である適応則に基づいて定める適応則入力 $\Theta_{adp}$ との総和である(次式(12)を参照)。

【0190】

【数12】

$$\Theta = \Theta_{eq} + \Theta_{rch} + \Theta_{adp} \quad (12)$$

【0191】尚、通常のスライディングモード制御では、適応則を考慮せず、この場合には、適応則入力 $\Theta_{adp}$ は省略される。

【0192】この場合、等価制御入力 $\Theta_{eq}$ は、次式(13)により与えられる。

【0193】

【数13】

【0196】

【数14】

$$\Theta_{rch}(k) = \frac{-1}{s_1 \cdot b_1} \cdot F_1 \cdot \sigma_1(k) \quad (14)$$

【0197】

【数15】

$$\Theta_{adp}(k) = \frac{-1}{s_1 \cdot b_1} \cdot F_2 \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_1(i) \quad (15)$$

【0198】ここで、式(14)中の $F_1$ は、到達則に係わるゲインを規定する係数であり、次式(16)の条



件を満たすように設定すればよい。但し、切換関数 $\sigma_1$ の値の切換線 $\sigma_1 = 0$ への収束に際してのチャタリングを低減する上では、式(16)'の条件を満たすように係数 $F_1$ を設定することが好ましい。

【0199】

【数16】

$$0 < F_1 < 2 \quad (16)$$

$$0 < F_1 < 1 \quad (16)'$$

【0200】また、式(15)中の $F_2$ は、適応則に係わるゲインを規定する係数であり、次式(17)の条件を満たすように設定すればよい。尚、式(17)中の $\Delta T$ は制御サイクル(制御周期)である。

【0201】

【数17】

$$F_2 = J \cdot \frac{2 - F_1}{\Delta T} \quad (17)$$

(但し、 $0 < J < 2$ )

【0202】本実施形態で用いる吸気側適応SLD制御のアルゴリズムでは、基本的には、式(13)～(15)により等価制御入力 $\Theta_{eq}$ 、到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ を求め、それらの総和を開度指令 $\Theta$ として生成することで、前記積算吸入空気量 $Q_a$ を前記目標積算量 $q$ に収束させるようにFIREモードの動作中の吸入空気量を操作することが可能である。

【0203】ところで、等価制御入力 $\Theta_{eq}$ 、到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ をそれぞれ前記式(13)～(15)により求めるためには、前記式(9)により表した吸気制御対象モデルのモデルパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ の値を同定しておく必要がある。しかるに、これらのモデルパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ の値は、FIRE

$$\begin{aligned} \Theta_{eq}(k) = & \frac{-1}{s_1 \cdot b_1} \left[ (s_1 \cdot (a_1 - 1) + s_2) \cdot E_q(k) + (s_1 \cdot a_2 - s_2) \cdot E_q(k-1) \right] \\ & + \frac{-1}{b_1} \cdot \left[ -q(k+1) + a_1 \cdot q(k) + a_2 \cdot q(k-1) \right] \quad (20) \end{aligned}$$

【0212】この式(20)中の第1番目の大括弧を含む項は、積算吸入空気量 $Q_a$ と目標積算量 $q$ との偏差 $E_q$ に基づくフィードバック項で、第2番目の大括弧を含む項は、目標積算量 $q$ のみに基づくフィードフォワード項である。以下、このフィードバック項及びフィード

$$\Theta_{eq/fb} = \frac{-1}{s_1 \cdot b_1} \left[ (s_1 \cdot (a_1 - 1) + s_2) \cdot E_q(k) + (s_1 \cdot a_2 - s_2) \cdot E_q(k-1) \right] \quad (21)$$

【0214】

REモードの動作中の種々様々の要因の影響を受け、これらの値の最適な同定を行うことは煩雑なものとなりやすい。

【0204】このため、本実施形態では、次のようにモデルパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ を排除し、吸気側適応SLD制御の簡略化したアルゴリズムを構築する。

【0205】まず、到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ に関しては、これらを求めるための前記式(14)、(15)中に含まれるモデルパラメータは $b_1$ だけである。そして、式(14)で $(F_1 / b_1)$ を改めて $F_x$ とおき、また、式(15)で $(F_2 / b_1)$ を改めて $F_y$ とおけば、式(14)、(15)はそれぞれ次式(18)、(19)に書き換えられる。

【0206】

【数18】

$$\Theta_{rch}(k) = \frac{-1}{s_1} \cdot F_x \cdot \sigma_1(k) \quad (18)$$

【0207】

【数19】

$$\Theta_{adp}(k) = \frac{-1}{s_1} \cdot F_y \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_1(i) \quad (19)$$

【0208】従って、これらの式(18)、(19)によって、モデルパラメータ $b_1$ を用いずに到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ を求めることができる。

【0209】尚、この場合、式(18)、(19)中の係数 $F_x$ 、 $F_y$ の値は、切換関数 $\sigma_1$ の値の切換線 $\sigma_1 = 0$ への収束の安定性や速応性等を考慮して、実験やシミュレーションを通じて定めればよい。

【0210】次に、等価制御入力 $\Theta_{eq}$ に関しては、これを求めるための前記式(13)は、前記偏差 $E_q = Q_a - q$ を用いて次式(20)に書き換えることができる。

【0211】

【数20】

ォワード項をそれぞれ次式(21)、(22)のように $\Theta_{eq/fb}$ 、 $\Theta_{eq/ff}$ とおく。

【0213】

【数21】

【数22】



$$\Theta_{eq/ff} = \frac{-1}{b_1} \left[ -q(k+1) + a_1 \cdot q(k) + a_2 \cdot q(k-1) \right] \quad (22)$$

【0215】ここで、上記フィードフォワード項 $\Theta_{eq/ff}$ は、前記偏差 $E_q$ が定常的に「0」となるような状態で制御対象に与えるべき入力（開度指令 $\Theta$ ）である。一方、前記標準開度指令値 $\theta_0$ は、本実施形態では目標積算量 $q$ を規定するものであると共に、該標準開度指令値 $\theta_0$ に対して吸入空気量、ひいては積算吸入空気量がその目標とすべき値に一義的に定まりものとしてフィードフォワード的に設定したものである。

【0216】従って、式(20)中のフィードフォワード項 $\Theta_{eq/ff}$ は、モデルパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ を含まない標準開度指令値 $\theta_0$ に置き換えることができる。

【0217】さらに、上記フィードバック項 $\Theta_{eq/fb}$ に関しては、このフィードバック項 $\Theta_{eq/fb}$ を含む等価制御入力 $\Theta_{eq}$ は、前記状態量（ $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ ）を前記切換線 $\sigma_1 = 0$ 上に拘束するための制御入力であるが、本願発明者等の各種検討によれば、本実施形態のシステムでは、状態量（ $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ ）が切換線 $\sigma_1 = 0$ の近傍に存する状態において安定性が高い。また、本実施形態では、前記適応則入力 $\Theta_{adp}$ を採用することで、状態量（ $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ ）の切換線 $\sigma_1 = 0$ 上への収束の安定性を高めることができる。

$$\Theta(k) = \theta_0(k) + \Theta_{rch}(k) + \Theta_{adp}(k)$$

$$= \theta_0(k) + \frac{-1}{s_1} \left[ F_x \cdot \sigma_1(k) + F_y \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_1(i) \right] \quad (24)$$

【0224】別の言い方をすれば、本実施形態では、前記式(18)、(19)により求まる到達則入力 $\Theta_{rch}$ 及び適応則入力 $\Theta_{adp}$ の総和（ $= \Theta_{rch} + \Theta_{adp}$ ）を次式(25)のようにバイパス開度の指令値の補正量 $i/sld$ （以下、SLD開度補正量 $i/sld$ という）として求め、このSLD開度補正量 $i/sld$ により標準開度指令値 $\theta_0$ を補正する（標準開度指令値 $\theta_0$ にSLD開度補正量 $i/sld$ を加算する）ことで、構造要因によるばらつきを補償するための開度指令 $\Theta$ を求める。

【0225】

【数25】

$$i/sld(k) = \Theta_{rch}(k) + \Theta_{adp}(k)$$

$$= \frac{-1}{s_1} \left[ F_x \cdot \sigma_1(k) + F_y \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_1(i) \right] \quad (25)$$

【0226】この場合において、SLD開度補正量 $i/sld$ （ $= \Theta_{rch} + \Theta_{adp}$ ）を求めるために必要となる切換関数 $\sigma_1$ の値は、本実施形態では、前記式(10)の積算吸入空気量 $Q_a$ として前記式(2)により求まる推定積算吸入空気量 $q_{air}/pre$ を用い、且つ、目標積算量 $q$ として前記式(5)により求まる目標積算吸入空気量 $q_{air}$

【0218】このため、本実施形態のシステムでは、上記フィードバック項 $\Theta_{eq/fb}$ を省略しても実用上、制御性が損なわれることはないと考えられる。

【0219】このようなことを考慮すると、等価制御入力 $\Theta_{eq}$ は、そのフィードバック項 $\Theta_{eq/fb}$ を省略し、フィードフォワード項 $\Theta_{eq/ff}$ を標準開度指令値 $\theta_0$ で置き換えたものとしてもよいと考えられ、このようにすれば、等価制御入力 $\Theta_{eq}$ は、モデルパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ を用いずに求めることができる。

【0220】そこで、本実施形態では、吸気側適応SLD制御の等価制御入力 $\Theta_{eq}$ は、次式(23)により与えるものとする。

【0221】

【数23】

$$\Theta_{eq} = \theta_0 \quad (23)$$

【0222】以上のことから、本実施形態における吸気量 $F/B$ 制御補正処理では、前述した構造要因による吸入空気量のばらつきを補償するために前記吸気側適応SLD制御により決定する制御対象への入力、すなわち開度指令 $\Theta$ を次式(24)の演算により求める。

【0223】

【数24】

/cmdを用いた次式(26)の演算により求める。

【0227】

【数26】

$$\sigma_1(k) = s_1 \cdot E_q(k) + s_2 \cdot E_q(k-1)$$

$$= s_1 \cdot (q_{air}/pre(k) - q_{air}/cmd(k))$$

$$+ s_2 \cdot (q_{air}/pre(k-1) - q_{air}/cmd(k-1)) \quad (26)$$

【0228】尚、本実施形態では、FIREモードの中断動作中（前記FIRE中断フラグ $f/f_{pause}$ が「1」に設定されている状態）は、SLD開度補正量 $i/sld$ の算出は中断する（SLD開度補正量 $i/sld$ の値を中断動作の直前の値に保持する）が、推定積算吸入空気量 $q_{air}/pre$ と目標積算吸入空気量 $q_{air}/cmd$ の算出は継続する（但し、推定積算吸入空気量 $q_{air}/pre$ に関しては内燃機関1のフュエルカット中を除く）。そして、前記FIRE制限時間 $TFIRELMT$ が経過する前に、中断動作を解除する状態となった場合には、SLD開度補正量 $i/sld$ の算出及びそれに応じた標準開度指令値 $\theta_0$ の補正を再開する。

【0229】このようにするのは次の理由による。すなわち、FIREモードの中断動作中は、基本的には、車両のアクセルペダルの操作によって、車両の走行、もし



くは内燃機関 1 のからぶかしを行う状況である。そして、この状況では、前記スロットル弁 5 がアクセル操作量  $A_p$  に応じた開度にかかれるので、内燃機関 1 の燃焼室 4 の実際の吸入空気量は、バイパス弁 7 を介した吸入空気量に、スロットル弁 5 を介した吸入空気量を加えたものとなる。

【0230】このような状況では、推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  は、バイパス弁 7 とスロットル弁 5 との両者による吸入空気量の積算値となるので、これをバイパス弁 7 の標準開度指令値  $\theta_0$  に応じて定まる目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  に収束させるようにバイパス開度を操作することは、アクセルペダルの操作に応じた内燃機関 1 の動作性能を確保する上で好ましくない。このために、本実施形態では、FIRE モードの中断動作中は、SLD 開度補正量  $i/sld$  の算出を中断する。

【0231】また、FIRE モードの中断動作中は、内燃機関 1 の燃焼室 4 の実際の吸入空気量は、バイパス弁 7 を介した吸入空気量に、スロットル弁 5 を介した吸入空気量を加えたものとなるので、触媒装置 3 に与えられる熱量がさらに多くなる。従って、FIRE モードの中断動作中に触媒装置 3 が十分に昇温・活性化される場合もあるが、該中断動作が短時間で解除されるような場合も多く、この場合には、該触媒装置 3 の昇温・活性化が未だ不十分なものとなることがある。このために、本実施形態では、FIRE モードの中断動作中も推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  と目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  の算出を継続して行っており、該中断動作の解除後に SLD 開度補正量  $i/sld$  の算出を再開して標準開度指令値  $\theta_0$  の補正を行うことで、FIRE モードの動作中における触媒装置 3 の昇温・活性化を確実なものとする。但し、この場合において、推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  に関しては、内燃機関 1 のフュエルカット中は、燃焼室 4 に吸入される空気が触媒装置 3 に与える熱量に寄与しないので、該フュエルカット中は、推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  の算出を行わない。

【0232】また、本実施形態では、後述する点火時期応動補正処理を行っている際にも、SLD 開度補正量  $i/sld$  の算出を中断する（SLD 開度補正量  $i/sld$  の値を中断動作の直前の値に保持する）。これは次の理由による。すなわち、点火時期応動補正処理は、詳細は後述するが、開度指令  $\theta$  を標準開度指令値  $\theta_0$  に対してフィードフォワード的に減少側に補正する処理であり、このような処理を行っている際に、SLD 開度補正量  $i/sld$  の算出を行うと、点火時期応動補正処理による開度指令  $\theta$  の減少分を打ち消すように、SLD 開度補正量  $i/sld$  が算出されてしまうからである。

【0233】以上説明した内容が、吸気量  $F/B$  制御補正処理の基本的内容である。

【0234】ところで、本実施形態において、内燃機関 1 の吸入空気量の増量を開始した直後の段階、すなわ

ち、バイパス開度を上昇させていく段階は、内燃機関 1 の始動直後の状態であるため、このような段階で標準開度指令値  $\theta_0$  を SLD 開度補正量  $i/sld$  により大きく補正すると、内燃機関 1 の燃焼室 4 での混合気の燃焼状態の悪化や内燃機関 1 のエミッション状態の悪化を招く虞れがある。また、本実施形態では、目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  が、内燃機関 1 の定常的な吸気状態を前提としているため、吸入空気量の増量の開始直後の段階では、目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  の信頼性が乏しいと考える。このため、吸入空気量の増量の開始直後の段階では、目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  と前記推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  との偏差  $E_q$  が大きなものとなって、前記 SLD 開度補正量  $i/sld$  も大きなものとなる虞れがある。

【0235】このようなことを考慮し、本実施形態における吸気量  $F/B$  制御補正処理では、吸入空気量の増量の開始後（FIRE モードの開始後）、所定時間  $TISLDMT$ （SLD 補正制限時間  $TISLDMT$  という。図 7 を参照）が経過するまで（FIRE 経過時間  $t/fire \geq TISLDMT$  となるまで）の間は、目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  及び推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  の値を強制的に「0」とする（このとき  $E_q = 0$  となる）。このようにすることで、FIRE 経過時間  $t/fire$  が SLD 補正制限時間  $TISLDMT$  に達するまでの内燃機関 1 の始動直後の状態では、SLD 開度補正量  $i/sld$  の値も「0」に維持し、該 SLD 開度補正量  $i/sld$  による標準開度指令値  $\theta_0$  の補正を行わないようにしている。

【0236】尚、本発明の構成に対応させると、前記 SLD 補正制限時間  $TISLDMT$  は、第 2 の所定時間に相当するものである。

【0237】さらに、本実施形態における吸気量  $F/B$  制御補正処理では、SLD 開度補正量  $i/sld$  による標準開度指令値  $\theta_0$  の実際の補正を開始する直後においても、その補正を急激に行うと、内燃機関 1 の燃焼状態やエミッション性能を損なう虞れがある。このため、本実施形態では、吸気量  $F/B$  制御補正処理で用いる前記吸気側適応 SLD 制御の応答指定特性を利用し、推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  と目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  との偏差  $E_q$ （以下、吸気偏差  $E_q$  という）の減衰速度（推定積算吸入空気量  $q_{air/pre}$  の目標積算吸入空気量  $q_{air/cmd}$  への収束速度）を、次のように可変的に設定するようにしている。

【0238】すなわち、吸気側適応 SLD 制御において、吸気偏差  $E_q$  に係わる状態量（ $E_q(k)$ 、 $E_q(k-1)$ ）が前記切換線  $\sigma_1 = 0$  に収束した状態では、前記式（10）から明らかなように、次式（27）の関係式が成立する。

【0239】

【数 27】



$$Eq(k) = -\frac{s_2}{s_1} \cdot Eq(k-1)$$

$$= -pole/i \cdot Eq(k-1) \quad (27)$$

【0240】従って、切換関数 $\sigma_1$ の係数パラメータ $s_1$ 、 $s_2$ の比( $s_2/s_1$ ) (但し、 $-1 < s_2/s_1 < 1$ )の値は吸気偏差 $E_q$ の「0」への減衰速度を規定するものとなる(| $s_2/s_1$ |が「0」に近づく程、減衰速度は速くなる)。従って、この比( $s_2/s_1$ )の値によって、吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を指定することができることとなり、これが、吸気側適応SLD制御の応答指定特性である。

【0241】尚、吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を速くすることは、吸気側適応SLD制御によるフィードバック制御のゲインを大きくするという事と同等である。また、式(27)は、入力のない一次遅れ系を表現しており、上記比( $s_2/s_1$ )は、この一次遅れ系の極に相当するものである(以下、上記比( $s_2/s_1$ )をポール $pole/i$ と称する)。また、本実施形態では、 $s_1 = 1$ に設定しており、この場合、 $pole/i = s_2$ である。また、吸気偏差 $E_q$ の「0」への減衰は、非振動的であることが好ましく、このため、本実施形態では、 $s_2/s_1 = pole/i < 0$ としている( $s_2/s_1 > 0$ とすると、式(27)から明かなように吸気偏差 $E_q$ の「0」への減衰は振動的になる)。

【0242】本実施形態における吸気量 $F/B$ 制御補正処理では、このような吸気側適応SLD制御の応答指定特性を利用し、基本的には、FIRE経過時間 $t/fire$ から、図9に示すようにあらかじめ定めたデータテーブル(タイムテーブル)に基づいて制御サイクル毎に求まる値 $pole/itbl$  (以下、ポールテーブル値 $pole/itbl$ という)を前記ポール $pole/i$ の値として設定することで、該ポール $pole/i$ の値をFIRE経過時間 $t/fire$ に応じて可変的に設定する。

【0243】ここで、図9のデータテーブルでは、FIRE経過時間 $t/fire$ が所定値 $TPOLEVST$  (但し、 $TPOLEVST \geq SLD$ 補正制限時間 $TISLDMT$ )に達してから、ポールテーブル値 $pole/itbl$ 、ひいてはポール $pole/i$ をFIRE経過時間 $t/fire$ の増加に伴い、所定の下限値 $pole/i0$  ( $< 0$ 。本実施形態では「-1」)から所定の定常値 $pole/ix$  ( $pole/i0 < pole/ix < 0$ )に向かって徐々に増加させ(ポールテーブル値 $pole/itbl$ の絶対値を徐々に小さくしていく)、定常値 $pole/ix$ に達した後(FIRE経過時間 $t/fire$ が図9中の所定値 $TPOLEX$ に達した後)は、該定常値 $pole/ix$ に維持するようにしている。これにより、本実施形態では、SLD開度補正量 $i/sld$ による標準開度指令値 $\theta_0$ の補正を開始する直後は、吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を徐々に早めていく(推定積算吸入空気量 $qair/pre$ の目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ への収束を緩やかに行う)ようにしていると共に、FIRE経過時

間 $t/fire$ が所定値 $TPOLEX$ に達するまでは、該所定値 $TPOLEX$ に達した後よりも吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を遅くするようにしている。

【0244】尚、ポールテーブル値 $pole/itbl$ によるポール $pole/i$ の上記のような増加は、基本的には内燃機関1の始動後の初期段階(吸入空気量を増加させていく段階)で行う。また、本発明の構成に対応させると、前記所定値 $TPOLEX$ は、第3の所定時間に相当するものである。

【0245】また、本実施形態では、FIREモードの中断動作中は、吸気量 $F/B$ 制御補正処理(より正確には、SLD開度補正量 $i/sld$ の算出処理)を行わないようにしており、この状態では、ポール $pole/i$ をポールテーブル値 $pole/itbl$ の前記下限値 $pole/i0$ に設定するようにしている。そして、FIREモードの中断動作が解除されたとき、ポール $pole/i$ を上記下限値 $pole/i0$ からポールテーブル値 $pole/itbl$ に向かって徐々に復帰させる(図9の仮想線を参照)ようにしている。

【0246】次に、前述した大気条件による吸入空気量のばらつきの影響を補償するための前記大気条件補正処理について説明する。

【0247】まず、前記大気条件のうちの大気圧に関して説明する。尚、ここでの説明では、大気温度は一定であり、また、バイパス開度は開度指令 $\theta$ に等しいものとする。

【0248】内燃機関1の燃焼室4内の圧力を $P_{cyl}$ 、吸気バルブ11(図2参照)の開度(有効開口面積)を $A_{cyl}$ とすると、該燃焼室4の吸入空気量 $G_{cyl}$ は、これらの圧力 $P_{cyl}$ 、開度 $A_{cyl}$ 及び吸気圧 $P_b$ とを用いて、一般的に次式(28)により表される。

【0249】

【数28】

$$G_{cyl} = C_i \cdot A_{cyl} \cdot \sqrt{P_b - P_{cyl}} \quad (28)$$

【0250】ここで、 $C_i$ は、前記式(3)に関して説明した如く、空気密度に応じた係数である。

【0251】この場合、内燃機関1では、式(28)中における燃焼室4内の圧力を $P_{cyl}$ 、吸気バルブ11の開度 $A_{cyl}$ は基本的には一定である。また、係数 $C_i$ も大気温度 $T_a$ が一定であれば一定と考えてよい。

【0252】従って、式(28)から、燃焼室4内の吸入空気量 $G_{cyl}$ を大気圧によらないものとするためには、吸気圧 $P_b$ が大気圧 $P_a$ に応じて変化しないことが必要となることが判る。

【0253】一方、バイパス開度の開度指令 $\theta$ に対して、バイパス弁7を通る空気量 $G_i$ は、前記式(3)と同様、次式(29)により表される。

【0254】

【数29】

$$G_i = C_i \cdot \theta \cdot \sqrt{P_a - P_b} \quad (29)$$

【0255】さらに、大気圧 $P_a$ が所定の標準大気圧



(以下、これに参照符号Pa0を付する)である状態において、開度指令 $\Theta$ を前記標準開度指令値 $\theta_0$ (これは前述の通り標準大気圧Pa0を前提として定めたものである)としたときにバイパス弁7を通る空気量をGi0(これは前記目標吸入空気量gair/cmdに相当する)とおくと、該空気量Gi0(以下、標準空気量Gi0という)は、次式(30)により表される。

【0256】

【数30】

$$Gi0 = Ci \cdot \theta_0 \cdot \sqrt{Pa0 - Pb0} \quad (30)$$

【0257】ここで、式(30)中のPb0は、標準大気圧Pa0において、バイパス開度を標準開度指令値 $\theta_0$ としたときにチャンパー13(図2参照)内に発生する吸気圧(以下、標準吸気圧Pb0という)である。

【0258】また、周知の気体の状態方程式によれば、チャンパー13内の吸気圧Pbが変動しないための条件は、チャンパー13内に流入する空気量、すなわちバイパス弁7を通る空気量Giと、チャンパー13から流出する空気量、すなわち燃焼室4の吸入空気量Gcylとが等しくなることである。

【0259】以上のことから、大気圧Paが標準大気圧Pa0に対して変動したとき、燃焼室4の吸入空気量Gcyl1が変化しないようにするための開度指令 $\Theta$ は、式(29)中の吸気圧Pbが、前記標準吸気圧Pb0と等しくなり、且つ、式(29)により表される空気量Giが前記標準空気量Gi0(式(30))と等しくなるように定めればよい。

【0260】すなわち、その開度指令 $\Theta$ は、次式(31)の条件を満たすように定めればよい。

【0261】

【数31】

$$Ci \cdot \Theta \cdot \sqrt{Pa - Pb0} = Ci \cdot \theta_0 \cdot \sqrt{Pa0 - Pb0} \quad (31)$$

【0262】そして、この式(31)を開度指令 $\Theta$ について解くと、次式(32)が得られる。

【0263】

【数32】

$$\begin{aligned} \Theta &= \theta_0 \cdot \sqrt{\frac{Pa0 - Pb0}{Pa - Pb0}} \\ &= \theta_0 \cdot kpa \end{aligned} \quad (32)$$

$$\left( kpa = \sqrt{\frac{Pa0 - Pb0}{Pa - Pb0}} \right)$$

【0264】従って、基本的には、この式(32)に基づいて標準開度指令値 $\theta_0$ を補正して開度指令 $\Theta$ を決定すれば、大気圧による吸入空気量のばらつきを補償することができる。つまり、式(32)中の平方根の値kpa(以下、大気圧補正係数kpaという)を開度指令に乗算して補正することで、大気圧による吸入空気量のばらつきを補償するための開度指令を決定することができ

る。

【0265】ところで、本実施形態では、標準開度指令値 $\theta_0$ を前述の如く時間的に変化させるため、式(32)の演算で使用する標準吸気圧Pb0も変化し、従って、大気圧による吸入空気量のばらつきを的確に補償する上では、標準吸気圧Pb0の値をあらかじめ定めたデータテーブル等を用いて標準開度指令値 $\theta_0$ に応じて適宜変更することが好ましいと考えられる。但し、本実施形態では、FIREモードにおける定常的な内燃機関1の運転中は、實際上、吸気圧Pbの変動は小さいということ、並びに制御系の安定性を考慮し、式(32)中の標準吸気圧Pb0としてあらかじめ定めた所定値(固定値)を用いる。

【0266】また、本実施形態では、コントローラ2の演算負荷を軽減するために、実際には、式(32)の演算を直接的には行わず、次のような処理を行う。

【0267】すなわち、制御サイクル毎に、あらかじめ定めた標準大気圧Pa0と、標準吸気圧Pb0と、内燃機関1の始動時(始動モード)において前記大気圧センサ18により検出される大気圧Paとから次式(33)により定義するパラメータratio/dpa(以下、大気圧補正用パラメータratio/dpaという)、すなわち、式(32)の平方根( $\sqrt{\quad}$ )内の値を求める。

【0268】

【数33】

$$\text{ratio/dpa} = \frac{Pa0 - Pb0}{Pa - Pb0} \quad (33)$$

【0269】そして、あらかじめ大気圧補正用パラメータratio/dpaの種々の値に対して平方根の演算を行って定めた図10のデータテーブルを用意しておき、先に求めた大気圧補正用パラメータratio/dpaの平方根を前記大気圧補正係数kpaを用いて開度指令を補正(乗算補正)する。

【0270】尚、この大気圧補正係数kpaは、大気圧センサ18により検出される大気圧Paが標準大気圧Pa0であれば、「1」であり、該大気圧Paが大きくなる程、値が小さくなる。

【0271】以上説明した内容が、前記大気条件補正処理において、大気圧による吸入空気量のばらつきを補償するための処理の基本的内容である。

【0272】次に、大気条件のうちの大気温度に関して説明する。前記式(28)から明らかなように内燃機関1の燃焼室4の吸入空気量Gcylは、大気密度に応じた係数Ciの影響を受け、大気密度が高い程、多くなる。そして、大気密度は、大気温度が高い程、低くなるので、燃焼室4の吸入空気量Gcylは大気温度が高い程、少なくなる。

【0273】従って、大気温度が変化しても、燃焼室4の吸入空気量Gcylを変化させないようにするために



は、大気温度が高い程、バイパス開度が大きくなるように開度指令 $\theta$ を補正してやればよい。

【0274】そこで、本実施形態では、内燃機関1の始動時（始動モード）において前記大気温度センサ17により検出される大気温度 $T_a$ から、図11に示す如くあらかじめ実験等に基づき定めたデータテーブルに基づいて補正係数 $k_{ta}$ （以下、大気温度補正係数 $k_{ta}$ という）を求め、この大気温度補正係数 $k_{ta}$ を用いて開度指令を補正（乗算補正）する。

【0275】この場合、本実施形態では、標準大気温度 $T_{a0}$ （例えば25°C）における吸入空気量を基準としているので、大気温度補正係数 $k_{ta}$ は、検出される大気温度 $T_a$ が標準大気温度 $T_{a0}$ であるとき「1」であり、大気温度 $T_a$ が高くなる程、値が大きくなる。

【0276】これが、前記大気条件補正処理において、大気温度による吸入空気量のばらつきを補償するための処理の基本的内容である。

【0277】次に、前記学習補正処理について説明する。

【0278】本実施形態では、前述した如く、前記構造要因による吸入空気量のばらつきを補償するために、吸気側適応SLD制御を用いた吸気量 $F/B$ 制御補正処理によって、制御サイクル毎に前記SLD開度補正量 $i/sld$ を求め、このSLD開度補正量 $i/sld$ によって標準開度指令値 $\theta_0$ を補正する。この場合、バイパス弁7の経年劣化等により、標準開度指令値 $\theta_0$ に対する実際の吸入空気量が、該標準開度指令値 $\theta_0$ に対応した本来の標準的な吸入空気量に対してばらつきが比較的大きくなっているような状態では、前記積算吸入空気量 $Q_a$ （推定積算吸入空気量 $q_{air/pre}$ ）が目標積算量 $q$ （目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}$ ）に対して未収束の段階でのSLD開度補正量 $i/sld$ は大きなものとなり、また、その時間的変化も大きなものとなる。このため、SLD開度補正量 $i/sld$ により標準開度指令値 $\theta_0$ を補正して決定した開度指令 $\theta$ 、ひいては実際の吸入空気量の時間的変化のパターンは、FIREモードの初期段階において、標準開度指令値 $\theta_0$ の時間的変化のパターン（目標とする吸入空気量の時間的変化のパターン）に対して大きく逸脱した時間的変化を生じるものとなることがある。

【0279】しかるに、特にFIREモードの初期段階（内燃機関1の始動後まもなくの状態）では、燃焼室4での混合気の燃焼状態が不安定なものとなりやすく、開度指令 $\theta$ の時間的変化のパターンが標準開度指令値 $\theta_0$ の時間的変化のパターンに対して大きく逸脱した変化を呈すると、該燃焼状態の悪化や、エミッション状態の悪化を引き起こす虞れがある。

【0280】そこで、本実施形態における学習補正処理では、FIREモードの動作中に制御サイクル毎に求めるを学習し、次のFIREモードの動作の全期間にわたって、標準開度指令値 $\theta_0$ を乗算補正するための補正

係数 $k_{learn}$ （以下、学習補正係数 $k_{learn}$ という）を求める。そして、この学習補正係数 $k_{learn}$ を標準開度指令値 $\theta_0$ に乗算することで、標準開度指令値 $\theta_0$ の時間的変化のパターンと整合した安定な時間的変化を呈する開度指令 $\theta$ を生成する。

【0281】この場合、学習補正係数 $k_{learn}$ は、本実施形態では次のように決定する。

【0282】すなわち、各回のFIREモードの動作中に制御サイクル毎に求められるSLD開度補正量 $i/sld$ から、次式（34）によって、該SLD開度補正量 $i/sld$ に対応する実際の吸入空気量の補正量 $gair/sld$ （以下、SLD吸気補正量 $gair/sld$ という）を制御サイクル毎に求める。

【0283】

【数34】

$$gair/sld = i/sld \cdot \frac{1}{Ne} \cdot Ga2 \quad (34)$$

【0284】ここで、この式（34）は、前記目標吸入空気量 $gair/cmd$ 、すなわち標準開度指令値 $\theta_0$ に対応した実際の吸入空気量（1TDC当たり）を求めるための式（4）と同様の式であり、式（34）中の $Ga2$ は、式（4）中の $Ga2$ と同一である。

【0285】さらに、このSLD吸気補正量 $gair/sld$ を次式（35）により制御サイクル毎に累積加算することで、SLD吸気補正量 $gair/sld$ の積算値 $qair/sld$ （以下、SLD積算吸気補正量 $qair/sld$ という）を求める。

【0286】

【数35】

$$qair/sld(k) = qair/sld(k-1) + gair/sld \quad (35)$$

【0287】そして、このSLD積算吸気補正量 $qair/sld$ の前記目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ に対する比（ $qair/sld/qair/cmd$ ）から次式（36）により求める値を前記学習補正係数 $k_{learn}$ の基本値 $vpskisld$ （以下、基本学習補正係数 $vpskisld$ という）を求める。

【0288】

【数36】

$$vpskisld = 1 + \frac{qair/sld(k)}{qair/cmd(k)} \quad (36)$$

【0289】尚、この基本学習補正係数 $vpskisld$ は、基本的には、FIREモードの動作が終了するまで制御サイクル毎に算出するが、FIREモードの前記中断動作が行われる場合や、後述する点火時期応動補正処理が行われる場合にあっては、前述の如くSLD開度補正量 $i/sld$ の算出を中断するので、FIREモードの中断動作や点火時期応動補正処理が開始される前（前記学習演算終了フラグ $f/flrncnd$ が「1」に設定される前）までで基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出を終了する。

【0290】そして、このようにして各回のFIREモードの動作中に最終的に求められた基本学習補正係数 $vpskisld$ に対して次式（37）によるなまし演算処理（フ



フィルタリング処理)を施すことで、次のFIREモードの動作に際して標準開度指令値 $\theta_0$ を補正するための学習補正係数 $k_{learn}$ を求める。

$$k_{learn}(j) = k_{learn}(j-1) \cdot [1 + C_{ki} \cdot (vpskisl_d - 1)] \quad (37)$$

【0292】ここで、式(37)中の $k_{learn}(j)$ は、今回のFIREモードの動作によって新たに決定する学習補正係数 $k_{learn}$ を意味し、 $k_{learn}(j-1)$ は、前回のFIREモードの動作によって決定された学習補正係数 $k_{learn}$ を意味する。また、式(37)中の $C_{ki}$ は、あらかじめ定めた「1」以下の定数である。

【0293】尚、この場合において、各回のFIREモードの動作において、最終的な基本学習補正係数 $vpskisl_d$ が求められた時のFIRE経過時間 $t_{fire}$ (これは、前記図5のフローチャートのSTEP5-5, 5-16等で設定されるパラメータ $t_{ki}$ の値である)が所定時間に満たない場合は、その基本学習補正係数 $vpskisl_d$ は、学習補正係数 $k_{learn}$ を求める(更新する)ためには使用せず、現在の学習補正係数 $k_{learn}$ の値を維持する。これは、FIRE経過時間 $t_{fire}$ が短い段階で得られる基本学習補正係数 $vpskisl_d$ の信頼性が乏しいからである。

【0294】以上説明した処理が、学習補正処理の基本的内容である。

【0295】次に前記点火時期応動補正処理について説明する。

【0296】本実施形態では、前述した如く、内燃機関1の暖機がある程度進行すると(FIRE経過時間 $t_{fire}$ がある程度大きくなると)、該内燃機関1の各部のフリクションの低下による内燃機関1の回転数 $N_e$ の上昇傾向を抑え、点火時期が前記点火時期操作回転数 $F/B$ 制御により過度に遅角側に操作されるのを予防するために、標準開度指令値 $\theta_0$ を緩やかに減少させていくようにしている(図7を参照)。

【0297】しかるに、内燃機関1の暖機の進行に伴うフリクションの低下の形態は、種々様々の要因の影響を受け、該フリクションの低下が予想以上に早期に始まったり、あるいは、そのフリクションの低下度合いが予想以上に大きなものとなることがある。

【0298】そして、このような場合には、標準開度指令値 $\theta_0$ を前記のように緩やかに減少させていっても、内燃機関1の回転数 $N_e$ の上昇傾向を十分に抑えることができなくなる。その結果、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御により操作される点火時期が、実際に操作し得る遅角側の限界値まで達してしまい、ひいては、回転数 $N_e$ を目標回転数 $n_{e}/fire$ にフィードバック制御することができなくなってしまう。

【0299】前記点火時期応動補正処理はこのような事態を回避するために行う処理であり、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御により後述の如く決定される点火時期の指令値が、遅角側の限界値よりも若干進角側に定めた所定

【0291】

【数37】

の閾値を超えて遅角側の値になったときに、その状態が解消されるまで(点火時期の指令値が閾値以上の進角側の値に復帰するまで)、制御サイクル毎に、標準開度指令値 $\theta_0$ を所定量づつ減少側に補正する。

【0300】すなわち、例えばバイパス開度が図12の上段に示すように標準開度指令値 $\theta_0$ に従って操作されている状態で、図12の下段のA12領域に示すように点火時期操作回転数 $F/B$ 制御により決定される点火時期の指令値 $iglog$ が、遅角側の限界値 $IGLG$ よりも若干大きい閾値 $IGX$ よりも遅角側に低下すると、開度指令 $\theta$ を標準開度指令値 $\theta_0$ に対して、図12の上段に示すように、ある補正量分 $\theta_{dec}$ (以下、点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ という)、減少させる( $\theta = \theta_0 - \theta_{dec}$ とする)。

【0301】この場合、点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ は、図12の上段のB12領域に示すように、点火時期の指令値 $iglog$ が閾値 $IGX$ 以上の進角側に復帰するまで、制御サイクル毎に所定量 $\Delta \theta_{dec}$ ( $> 0$ 。以下、開度減少単位量 $\Delta \theta_{dec}$ という)づつ、増加させる(図15のSTEP15-9の式を参照)。

【0302】そして、図12の下段のC12領域に示すように点火時期の指令値 $iglog$ が閾値 $IGX$ 以上の進角側に復帰した後は、図12の上段のD12領域に示すように点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ を上記復帰時点の値に保持し(点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ を前記開度減少単位量 $\Delta \theta_{dec}$ づつ増加させる処理を中止する)、その保持した点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ だけ、開度指令 $\theta$ を標準開度指令値 $\theta_0$ よりも減少側に補正する。

【0303】尚、本実施形態では、点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ を制御サイクル毎に増加させる前記開度減少単位量 $\Delta \theta_{dec}$ は、内燃機関1の始動時における機関温度 $T_w$ から、図13に示す如くあらかじめ定めたデータテーブルに基づいて決定する。この場合、特に、内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ が高温領域である場合に、該機関温度 $T_w$ が低中温領域である場合よりもフリクションの低下が大きく生じ易いことから、図13のデータテーブルでは、機関温度 $T_w$ の高温領域における開度減少単位量 $\Delta \theta_{dec}$ を低中温領域よりも大きくするように設定している。

【0304】以上説明した内容が、前記点火時期応動補正処理の基本的内容である。

【0305】以上説明した内容をふまえて、前記図4のSTEP4-5において前記吸入空気量制御段25が行うバイパス開度の指令値(開度指令) $\theta_{CMD}$ の生成処理を次に具体的に説明する。

【0306】図14のフローチャートを参照して、前記



STEP 4-5では、まず、前記STEP 4-4の条件判断処理（図15参照）で前述の如く制御サイクル毎に設定されるFIRE実行可否フラグ $f/fireon$ の値（現在の制御サイクルで設定された値）を判断する（STEP 14-1）。

【0307】このとき、 $f/fireon=1$ であるとき、すなわち、動作モードがFIREモードに設定されているときには、前記標準開度指令値生成処理によって標準開度指令値 $\theta_0$ を求めるために用いる前記Nレンジ基本値 $i/iret$ 及びDレンジ補正值 $iatfire$ と、前記大気条件補正処理に用いる前記大気圧補正係数 $kpa$ 及び大気温度補正係数 $kta$ と、前記点火時期応動補正処理に用いる前記開度減少単位量 $\Delta\theta_{dec}$ とを、それぞれに対応して前述の如く定めたデータテーブルを用いて求める（STEP 14-2）。

【0308】すなわち、前記始動モード処理（STEP 4-2）で取得した内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ から、前記図6のデータテーブルに基づいてNレンジ基本値 $i/iret$ 及びDレンジ補正值 $iatfire$ を求める。

【0309】また、始動モード処理で取得した内燃機関1の始動時の大気圧 $P_a$ と、あらかじめ定められた標準大気圧 $P_{a0}$ 及び標準吸気圧 $P_{b0}$ とから、前記式（33）によって、前記大気圧補正用パラメータ $ratio/dpa$ を算出し、このパラメータ $ratio/dpa$ から、図10のデータテーブルに基づいて大気圧補正係数 $kpa$ （＝パラメータ $ratio/dpa$ の平方根）を求める。

【0310】さらに、始動モード処理で取得した内燃機関1の始動時の大気温度 $T_a$ から、図11のデータテーブルに基づいて大気温度補正係数 $kta$ を求める。

【0311】また、始動モード処理で取得した内燃機関1の始動時の機関温度 $T_w$ から、図13のデータテーブルに基づいて開度減少単位量 $\Delta\theta_{dec}$ を求める。

【0312】尚、STEP 14-2におけるこれらの処理は、始動モード処理においてあらかじめ行っておくようにしてもよい。

【0313】次いで、吸入空気量操作手段25は、標準開度指令値 $\theta_0$ に対して前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理と前記点火時期応動補正処理とを施してなる予備開度指令 $\theta_i/fire$ を算出する処理を次のように行う（STEP 14-3）。

【0314】すなわち、図15のフローチャートを参照して、図示しないセンサにより検出される前記自動変速機の現在（今回の制御サイクル）のシフト位置を判断し（STEP 15-1）、該シフト位置がNレンジである場合には、標準開度指令値 $\theta_0$ の前記基本値 $i/ftbl$ を前記STEP 14-2で求めたNレンジ基本値 $i/iret$ とする（STEP 15-2）。また、現在のシフト位置がDレンジである場合には、上記Nレンジ基本値 $i/iret$ に、STEP 14-2で求めたDレンジ補正值 $iatfire$ を加算した値を基本値 $i/ftbl$ とする（STEP 15-3）。

【0315】次いで、現在のFIRE経過時間 $t/fire$ から、前記図7のデータテーブルに基づいて今回の制御サイクルにおける前記補正係数 $km/fire$ を求め（STEP 15-4）、この補正係数 $km/fire$ をSTEP 15-2あるいは15-3で決定した基本値 $i/ftbl$ に乗算することで、標準開度指令値 $\theta_0$ を求める（STEP 15-5）。これによりFIREモードにおける制御サイクル毎の標準開度指令値 $\theta_0$ が決定される。

【0316】次いで、吸入空気量操作手段25は、前記吸気偏差 $E_q$ を算出する処理を図16のフローチャートに示すように行う（STEP 15-6）。

【0317】すなわち、図16を参照して、まず、前記吸気圧センサ16により検出される現在の吸気圧 $P_b$ とあらかじめ定めた所定値 $G_{al}$ とから前記式（1）により今回の制御サイクルにおける推定吸入空気量 $qair/pre$ （1TDC当たりの吸入空気量の推定値）を求める（STEP 16-1）。

【0318】次いで、内燃機関1のフェュエルカット中であるか否かを判断し（STEP 16-2）、フェュエルカット中でない場合には、さらに、現在のFIRE経過時間 $t/fire$ が前記SLD補正制限時間 $TISLDMT$ に達したか否かを判断する（STEP 16-3）。

【0319】このとき、 $t/fire < TISLDMT$ である場合には、今回の制御サイクルにおける推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ の値を強制的に「0」とする（STEP 16-4）。また、 $t/fire \geq TISLDMT$ である場合には、前記式（2）により推定吸入空気量 $qair/pre$ を累積加算して推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ を求める（STEP 16-5）。

【0320】尚、STEP 16-2でフェュエルカット中である場合には、そのとき内燃機関1の燃焼室に吸入される空気は、触媒装置3に与える熱量には寄与しない（フェュエルカット中は内燃機関1の燃焼室4での混合気の燃焼は行われない）ため、推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ は現状の値に保持される（STEP 16-6）。

【0321】以上のようなSTEP 16-1～16-6の処理により、FIREモードでは（前記中断動作も含む）、その開始後、SLD補正制限時間 $TISLDMT$ が経過した時から、内燃機関1のフェュエルカット中の場合を除いて、逐次、触媒装置3に実際に与えられる熱量の積算値に相当する推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ が求められていくこととなる。

【0322】そして、SLD補正制限時間 $TISLDMT$ が経過するまで、すなわち、内燃機関1の始動直後の状態では、推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ の値が強制的に「0」に制限されることとなる。

【0323】尚、このようにSLD補正制限時間 $TISLDMT$ が経過するまで、推定積算吸入空気量 $qair/pre(k)$ の値を制限するためには、例えばSLD補正制限時間 $TISLDMT$ が経過するまで、推定吸入空気量 $qair/pre$ の値を強



制的に「0」に制限し、その制限した推定吸入空気量 $q_{air/pre}$ の値を用いて前記式(2)の演算を行うようにしてもよい。このようにしても、推定積算吸入空気量 $q_{air/pre}(k)$ の値は、SLD補正制限時間TISLDLMTが経過するまでは「0」に制限されることとなる。

【0324】このようにして推定積算吸入空気量 $q_{air/pre}(k)$ を求めた後、吸入空気量操作手段25は、前記STEP15-5で求めた標準開度指令値 $\theta_0$ と、前記回転数センサ14により検出される現在の回転数 $N_e$ と、あらかじめ定められた所定値 $G_{a2}$ とから前記式(4)により今回の制御サイクルにおける目標吸入空気量 $q_{air/cmd}$ (1TDC当たりの吸入空気量の目標値)を求める(STEP16-7)。

【0325】さらに、前記STEP16-3と同じ判断を行い(STEP16-8)、このとき、 $t/fire < TISLDLMT$ である場合には、今回の制御サイクルにおける目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ の値を強制的に「0」とする(STEP16-9)。また、 $t/fire \geq TISLDLMT$ である場合には、前記式(5)により制御サイクル毎の目標吸入空気量 $q_{air/pre}$ を累積加算して目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ を求める(STEP16-10)。

【0326】以上のようなSTEP16-7~16-10の処理により、触媒装置3に実際に与えられる熱量の積算値の目標値に相当する目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ は、FIREモードの開始後、SLD補正制限時間TISLDLMTが経過した時から、FIREモードの中断動作中を含めて、逐次求められていくこととなる。

【0327】そして、SLD補正制限時間TISLDLMTが経過するまでの内燃機関1の始動直後の状態では、推定積算吸入空気量 $q_{air/pre}(k)$ と同様、目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ の値が強制的に「0」に制限されることとなる。

【0328】尚、このようにSLD補正制限時間TISLDLMTが経過するまで、目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ の値を制限するためには、SLD補正制限時間TISLDLMTが経過するまで、目標吸入空気量 $q_{air/cmd}$ の値を強制的に「0」に制限し、その制限した目標吸入空気量 $q_{air/cmd}$ の値を用いて前記式(5)の演算を行うようにしてもよい。

【0329】このようにして、今回の制御サイクルにおける推定積算吸入空気量 $q_{air/pre}(k)$ と、目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}(k)$ とを求めた後には、吸入空気量操作手段25は、それらの差( $q_{air/pre}(k) - q_{air/cmd}(k)$ )を演算することで、今回の制御サイクルにおける前記吸気偏差 $E_q(k)$ を求め(STEP16-11)、図15のフローチャートの処理に復帰する。

【0330】図15の説明に戻って、上記のように吸気偏差 $E_q$ を求めた後、吸入空気量操作手段25は、次に、フラグ $f/dec$ の値を判断する(STEP15-7)。このフラグ $f/dec$ は、前記点火時期応動補正処理

に係わるフラグであって、後述する点火時期の指令値 $iglog$ の生成処理において点火時期の指令値 $iglog$ が前記閾値IGX(図12参照)よりも遅角側の値であるとき $f/dec = 1$ とされ、該指令値 $iglog$ が前記閾値IGX以上の進角側の値であるとき $f/dec = 0$ とされるものである。

(以下、フラグ $f/dec$ を点火時期判別フラグ $f/dec$ という)。尚、この点火時期判別フラグ $f/dec$ は前記始動モード処理(STEP4-2)において「0」に初期化される。

【0331】このとき、 $f/dec = 0$ である場合(点火時期の指令値 $iglog$ が、閾値IGX以上の進角側の状態)には、吸入空気量操作手段25は、前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理に係わるSLD開度補正量 $i/sld$ を算出する処理を図17のフローチャートに示すように行う(STEP15-8)。

【0332】すなわち、まず、前記FIRE中断フラグ $f/fpause$ の現在の値を判断する(STEP17-1)。このとき、 $f/fpause = 1$ である場合、すなわち、FIREモードの前述の中断動作を行う状態である場合には、前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理で吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を規定する前記ポール $pole/i$ の値をあらかじめ定めた前記下限値 $pole/i_0$ (図9を参照)に設定(初期化)した上で(STEP17-2)、直ちに図15のルーチン処理に復帰する。

【0333】従って、FIREモードの中断動作中は、SLD開度補正量 $i/sld$ は現状の値(中断動作の開始前の値)に保持される。

【0334】尚、SLD開度補正量 $i/sld$ 及びポール $pole/i$ は、前記始動モード処理(STEP4-2)においてそれぞれ「0」、「下限値 $pole/i_0$ 」に初期化される。

【0335】一方、STEP17-1の判断で、 $f/fpause = 0$ である場合、すなわち、FIREモードの通常的な動作を行う状態である場合には、吸入空気量操作手段25は、現在のFIRE経過時間 $t/fire$ から、図9のデータテーブルに基づいて今回の制御サイクルにおける前記ポールテーブル値 $pole/itbl$ を求める(STEP17-3)。

【0336】次いで、基本的には、STEP17-3で求めたポールテーブル値 $pole/itbl$ を吸気偏差 $E_q$ の減衰速度を規定するポール $pole/i$ の値として設定するのであるが、FIREモードの中断動作中に前記下限値 $pole/i_0$ (本実施形態では「-1」)に設定されるポール $pole/i$ を該中断動作の終了後に徐々にFIRE経過時間 $t/fire$ に応じたポールテーブル値 $pole/itbl$ に復帰させるために、次のような処理を行う。

【0337】すなわち、現在のポール $pole/i$ の値 $pole/i(k-1)$ にあらかじめ定めた単位増分値 $\Delta POLE/I (> 0)$ を加算した値( $pole/i(k-1) + \Delta POLE/I$ )をSTEP17-3で求めたポールテーブル値 $pole/itbl$ と比較する



(STEP 17-4)。そして、 $\text{pole}/i(k-1) + \Delta \text{POLE}/I \geq \text{pole}/itbl$  である場合には、STEP 17-3で求めたポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  を今回の制御サイクルにおけるポール  $\text{pole}/i(k)$  の値として設定し (STEP 17-5)、 $\text{pole}/i(k-1) + \Delta \text{POLE}/I < \text{pole}/itbl$  である場合には、 $\text{pole}/i(k-1) + \Delta \text{POLE}/I$  の値を今回の制御サイクルにおけるポール  $\text{pole}/i(k)$  の値として設定する (STEP 17-6)。

【0338】この処理により FIRE モードの中断動作が終了した後は、ポール  $\text{pole}/i$  が前記下限値  $\text{pole}/i0$  から、FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  に応じたポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  に前記単位増分値  $\Delta \text{POLE}/I$  ずつ、徐々に復帰することとなる。

【0339】尚、内燃機関 1 の始動直後に FIRE モードの中断動作が行われない場合には、ポール  $\text{pole}/i$  は、基本的にはポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  が設定され、該ポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  と同じ形態で FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  の増加に伴い値が変化する (このようになるように上記単位増分値  $\Delta \text{POLE}/I$  の値が設定されている)。

【0340】このようにしてポール  $\text{pole}/i$  の値を設定した後、吸入空気量操作手段 25 は、さらに、該ポール  $\text{pole}/i$  の値と、後に詳細を説明する点火時期操作回転数  $F/B$  制御において設定されるポール  $\text{pole}/ig$  (これは点火時期操作回転数  $F/B$  制御による内燃機関 1 の回転数  $N_e$  と目標回転数  $ne/\text{fire}$  との偏差の減衰速度を規定するパラメータである) からあらかじめ定めた所定の微小量  $\Delta \text{POLE}/IG$  ( $> 0$ ) を減算した値とを比較する (STEP 17-7)。

【0341】そして、このとき、 $\text{pole}/i < \text{pole}/ig - \Delta \text{POLE}/IG$  であれば、そのまま次の STEP 17-9に進むが、 $\text{pole}/i \geq \text{pole}/ig - \Delta \text{POLE}/IG$  である場合、ポール  $\text{pole}/i$  の値を強制的に ( $\text{pole}/ig - \Delta \text{POLE}/IG$ ) に設定し直す (STEP 17-8)。つまり、ポール  $\text{pole}/i$  の値は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御において後述の如く設定されるポール  $\text{pole}/ig$  ( $< 0$ ) よりも常に小さい値に (より正確には、 $1 > |\text{pole}/i| > |\text{pole}/ig| > 0$  となるように) 設定される。これは次の理由による。

【0342】すなわち、本実施形態において推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$  を目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  に収束させるように行う吸気側適応 SLD 制御 (フィードバック制御) と、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を目標回転数  $ne/\text{fire}$  に収束させるように行う点火時期操作回転数  $F/B$  制御とは互いに独立的に行われるものである一方、両者の制御は、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  に影響を及ぼす制御である。また、一般に、吸気側適応 SLD 制御に基づくバイパス開度の変化に対する吸入空気量の変化の応答性は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御に基づく点火時期の変化に対する回転数  $N_e$  の変化の応答性に比して遅い。

このため、吸気側適応 SLD 制御に係わる吸気偏差  $E_q$  の減衰速度を、点火時期操作回転数  $F/B$  制御による内燃機関 1 の回転数  $N_e$  と目標回転数  $ne/\text{fire}$  との偏差の減衰速度よりも速めるようにすると、両者の制御が互いに干渉して、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が不安定なものとなる虞れがある。

【0343】このために、本実施形態では、吸気側適応 SLD 制御に係わるポール  $\text{pole}/i$  を、前記の如く  $|\text{pole}/i| > |\text{pole}/ig|$  となるように設定し、これにより、吸気側適応 SLD 制御に係わる吸気偏差  $E_q$  の減衰速度を、点火時期操作回転数  $F/B$  制御による内燃機関 1 の回転数  $N_e$  と目標回転数  $ne/\text{fire}$  との偏差の減衰速度よりも遅くし、ひいては両制御が互いに干渉するのを回避する。

【0344】次いで、STEP 17-9 では、ポール  $\text{pole}/i$  の値を「-1」と比較し、 $\text{pole}/i \leq -1$  である場合 (このような場合は、STEP 17-8 の処理によって生じることがある) には、ポール  $\text{pole}/i$  の値を強制的に「-1」に設定した上で (STEP 17-10)、STEP 17-11に進む。

【0345】そして、STEP 17-11 では、上記のようにして決定したポール  $\text{pole}/i$  の値と、前記 STEP 15-6 で前述の如く求めた今回の制御サイクルにおける吸気偏差  $E_q(k)$  及び前回の制御サイクルにおける吸気偏差  $E_q(k-1)$  とから前記式 (10) (詳しくは、式 (10) の係数パラメータ  $s_1, s_2$  をそれぞれ「1」、 $|\text{pole}/i|$  で置き換えた式) により前記切換関数  $\sigma_1$  の値を求める。

【0346】さらに、この切換関数  $\sigma_1$  の値を用いて、前記式 (18)、(19) の演算を行うことで (この場合  $s_1 = 1$ )、前記吸気側適応 SLD 制御における到達則入力  $\Theta_{rch}$  及び適応則入力  $\Theta_{adp}$  の値を求め (STEP 17-12)、この到達則入力  $\Theta_{rch}$  及び適応則入力  $\Theta_{adp}$  を加算することで、今回の制御サイクルにおける SLD 開度補正量  $i/sld$  を求める (STEP 17-13)。そして、図 15 のルーチン処理に復帰する。

【0347】図 15 の説明に戻って、前記 STEP 15-7 の判断で  $f/\text{dec} = 1$  である場合、すなわち、現在の点火時期の指令値  $iglog$  が、前記閾値  $IGX$  (図 12 参照) よりも遅角側の状態となっている場合には、吸入空気量操作手段 25 は、前記点火時期応動補正処理を行うべく、前記点火時期応動開度補正量  $\theta_{dec}$  を前記 STEP 14-2 で決定した開度減少単位量  $\Delta \theta_{dec}$  ずつ制御サイクル毎に増加させていく (STEP 15-9)。

【0348】尚、点火時期応動開度補正量  $\theta_{dec}$  は、前記始動モード処理 (STEP 3-2) で「0」に初期化されるものである。

【0349】また、この STEP 15-9 の処理を行うときは、SLD 開度補正量  $i/sld$  を求める処理は行われず、該 SLD 開度補正量  $i/sld$  の値は、前記点火時期判



別フラグ $f/dec$  が「1」に設定される前の値に保持される。

【0350】次いで、吸入空気量操作手段25は、STEP15-5で求めた標準開度指令値 $\theta_0$ に現在のSLD開度補正量 $i/sld$ の値を加算し、さらに現在の点火時期応動開度補正量 $\theta_{dec}$ を減算することで、前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理及び点火時期応動補正処理とに基づく前記予備開度指令 $\theta_i/fire$  ( $= \theta_0 + i/sld - \theta_{dec}$ )を算出する (STEP15-10)。

【0351】次いで、吸入空気量操作手段25は、現在の前記学習演算終了フラグ $f/flrncnd$ の値を判断する (STEP15-11)。この学習演算終了フラグ $f/flrncnd$ は、FIREモードの動作中 (FIRE実行可否フラグ $f/fireon$ が「1」に設定されている状態)は、中断動作が開始されるとき (FIRE中断フラグ $f/fpause$ が「1」に設定されたとき)、あるいは、点火時期の指令値 $iglog$ が前記閾値 $IGX$  (図12参照)よりも遅角側の状態となって、前記点火時期応動補正処理を開始するとき (点火時期判別フラグ $f/dec$ が「1」に設定されたとき)に、前記基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出処理を終了すべく「1」に設定される (前記図5のSTEP5-17、及び後述の図22のSTEP22-8を参照)。

【0352】そして、 $f/flrncnd = 0$ である場合、すなわち、前記基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出を行うべき状態である場合には、前記学習補正処理に関して説明した通り、基本学習補正係数 $vpskisld$ を算出する (STEP15-12)。

【0353】すなわち、制御サイクル毎に、STEP5-18で求められる現在のSLD開度補正量 $i/sld$ と、内燃機関1の現在の回転数 $N_e$ と、前記所定値 $Ga_2$ とから、前記式(34)により前記SLD吸気補正量 $qair/sld$ を求め、それを式(35)により累積加算することで、前記SLD積算吸気補正量 $qair/sld$ を求める。そして、このSLD積算吸気補正量 $qair/sld$ と、前記STEP16-10 (図16参照)で求めた制御サイクル毎の目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ とから前記式(36)の演算を行うことで、基本学習補正係数 $vpskisld$ を算出する。

【0354】尚、この場合において、FIRE経過時間 $t/fire$ が前記SLD補正制限時間 $TISLDLMT$ に達するまでは、前述の如く $qair/cmd = 0$ とする (このときSLD積算吸気補正量 $qair/sld$ も「0」となる)ので、基本学習補正係数 $vpskisld$ の値を強制的に「1」に設定する。

【0355】また、STEP15-11で $f/flrncnd = 1$ である場合、すなわち、前記基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出を終了すべき状態である場合には、STEP15-12の処理は省略され、基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出処理は行われない (この場合、 $f/flrncnd = 1$ となる前の制御サイクルで求められた基本学習補正係数 $vpskisld$ の値がその最終値として確定される)。

skisldの値がその最終値として確定される)。

【0356】このようにしてSTEP5-11、5-12の処理を行った後、吸入空気量操作手段25は、STEP15-10で求めた予備開度指令 $\theta_i/fire$ の値を所定の上限値及び下限値の間の値に制限する ( $\theta_i/fire >$  上限値、あるいは $\theta_i/fire <$  下限値のとき、それぞれ $\theta_i/fire$ を強制的に上限値、下限値に制限する)リミット処理を行った後 (STEP15-13)、図14のルーチン処理に復帰する。

【0357】図14の説明に戻って、上記のように予備開度指令 $\theta_i/fire$ を求めた後、吸入空気量操作手段25は、この予備開度指令 $\theta_i/fire$  ( $= \theta_0 + i/sld - \theta_{dec}$ )に、STEP14-2で決定した前記大気圧補正係数 $kpa$ と、大気温度補正係数 $kta$ と、前回のFIREモードの動作の終了時に決定された学習補正係数 $kilearn$  (この学習補正係数 $kilearn$ の算出については後に説明する)とを乗算することで、今回の制御サイクルにおけるバイパス開度の指令値 $\theta_{CMD}$ を決定する (STEP14-4)。そして、前記図3のメインルーチン処理に復帰する。

【0358】以上説明した処理が、FIREモードにおいて、バイパス開度の指令値 $\theta_{CMD}$ を制御サイクル毎に決定するための処理である。

【0359】一方、前記STEP14-1の判断で、現在のFIRE実行可否フラグ $f/fireon$ の値が「0」である場合、すなわち、FIREモードの動作を行わない状態となったとき (これは、基本的には、内燃機関1の始動後、FIRE経過時間 $t/fire$ が、FIREモード制限時間 $TFIRELMT$ に達してFIREモードの動作を終了した後の状態である)には、吸入空気量操作手段25は、FIRE実行可否フラグ $f/fireon$ の前回の制御サイクルにおける値を判断する (STEP14-5)。

【0360】このとき、FIRE実行可否フラグ $f/fireon$ の前回の制御サイクルにおける値が「1」である場合、すなわち、前回の制御サイクルまでFIREモードの動作を行っていた場合 (FIREモードを終了した直後の状態)には、直前まで行っていたFIREモードにおいて前記STEP15-12の処理により最終的に求められた前記基本学習補正係数 $vpskisld$ から、図18のフローチャートに示すように次回のFIREモードの動作に際して開度指令を補正する (STEP14-4を参照)ための学習補正係数 $kilearn$ を決定 (更新)する (STEP14-6)。

【0361】すなわち、図18を参照して、まず、前述した基本学習補正係数 $vpskisld$ の算出を最終的に終了した時のFIRE経過時間 $t/fire$ を表す前記学習終了時刻パラメータ $t/ki1$ が、あらかじめ定めた所定値 $TMKILLMT$ 以上であるか否かを判断する (STEP18-1)。ここで、学習終了時刻パラメータ $t/ki1$ は、前記図5に示した如く、前記学習演算終了フラグ $f/flrncnd$ が「0」



から「1」に切り換えられた際の F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  である。つまり、F I R E モードの中断動作が行われたときは、該中断動作の開始時までの F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  であり、F I R E モードの動作中に前記点火時期応動補正処理を行うときは、その処理の開始時までの F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  である。そして、F I R E モードの中断動作や点火時期応動補正処理が行われることなく F I R E モードの動作が終了したときには、その終了時の F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$ （これは通常的には F I R E モード制限時間  $\text{TFIRELMT}$  である）である。

【0362】別の言い方をすれば、学習終了時刻パラメータ  $t/\text{kil}$  は、前記 S L D 開度補正量  $i/\text{sld}$  の算出処理及びこれに応じた標準開度指令値  $\theta 0$  の補正が連続して行われた F I R E 経過時間  $t/\text{fire}$  である。

【0363】そして、S T E P 18-1 判断で、 $t/\text{kil} < \text{TMKILLMT}$  である場合には、最終的に得られた基本学習補正係数  $v\text{pskisld}$  の信頼性が乏しいと考えられるので、学習補正係数  $k\text{learn}$  を現状の値に維持したまま図 14 の処理に復帰する。

【0364】一方、 $t/\text{kil} \geq \text{TMKILLMT}$  である場合、すなわち、S L D 開度補正量  $i/\text{sld}$  の算出処理及びこれに応じた標準開度指令値  $\theta 0$  の補正がある程度長い時間、連続して行われた場合には、前回の制御サイクルまで行われていた F I R E モードの動作において最終的に得られた基本学習補正係数  $v\text{pskisld}$  から前記式 (37) のなまし演算処理（フィルタリング処理）によって新たな学習補正係数  $k\text{learn}(j)$  を求める（S T E P 18-2）。そして、この学習補正係数  $k\text{learn}(j)$  を所定の上限値及び下限値の間の値に制限する（ $k\text{learn}(j) > \text{上限値}$ 、あるいは  $k\text{learn}(j) < \text{下限値}$  のとき、それぞれ  $k\text{learn}(j)$  を強制的に上限値、下限値に制限する）リミット処理を行った後（S T E P 18-3）、図 14 のルーチン処理に復帰する。

【0365】尚、学習補正係数  $k\text{learn}(j)$  の初期値は「1」である。また、この学習補正係数  $k\text{learn}(j)$  の値は、本実施形態のシステムの運転を停止しても失われることのないように E E P R O M 等の不揮発性メモリに記憶保持しておく。また、本発明の構成に対応させると、前記 S T E P 18-1 で用いる所定値  $\text{TMKILLMT}$  が、第 4 の所定時間に相当するものである。

【0366】図 14 の説明に戻って、S T E P 14-5 で F I R E 実行可否フラグ  $f/\text{fireon}$  の前回の制御サイクルにおける値が「1」である場合には、前述の如く学習補正係数  $k\text{learn}$  が更新されるが、F I R E 実行可否フラグ  $f/\text{fireon}$  の前回の制御サイクルにおける値が「0」である場合は、既に学習補正係数  $k\text{learn}$  が更新されているので、S T E P 14-6 の処理は省略される。すなわち、学習補正係数  $k\text{learn}$  の更新処理は、F I R E モードが終了した直後の制御サイクルにおいてだけ行われ、その更新された学習補正係数  $k\text{learn}$  が次の F I

R E モードの動作に際して開度指令を補正するために使用される。

【0367】このようにして S T E P 14-5、14-6 の処理を行った後、吸入空気量操作手段 25 は、開度指令  $\theta \text{CMD}$  を通常モード用の開度指令に設定する（S T E P 14-7）。この開度指令は、基本的には、F I R E モードにおける開度指令  $\theta \text{CMD}$  よりも小さく、内燃機関 1 の通常の運転を行うべく所要の値に設定される。

【0368】以上、図 14～図 18 を参照して説明した処理が、前記図 4 の S T E P 4-5 で開度指令（バイパス開度の指令値） $\theta \text{CMD}$  を制御サイクル毎に生成する処理の詳細であり、このようにして決定された開度指令  $\theta \text{CMD}$  は前記バイパス弁アクチュエータ 24 に与えられる。そして、該バイパス弁アクチュエータ 24 は、与えられた開度指令  $\theta \text{CMD}$  に従ってバイパス弁 7 の開度を操作する。

【0369】次に、前記図 4 の S T E P 4-6 における点火時期の指令値  $i\text{glog}$  の生成処理について説明する。

【0370】ここで、この処理の具体的な内容を説明する前に、この処理の基本的な内容を説明しておく。

【0371】本実施形態のシステムでは、F I R E モードにおける前述のような吸入空気量の増量制御によって内燃機関 1 の回転数  $N_e$ （実回転数）が上昇傾向となるので、該回転数  $N_e$  を前記点火時期操作回転数  $F/B$  制御によって所要の目標回転数  $n_e/\text{fire}$  にフィードバック制御し、該点火時期を遅角側に補正する（点火時期操作回転数  $F/B$  制御）。この場合、後述する如く、回転数  $N_e$  と目標回転数  $n_e/\text{fire}$  との偏差の減衰速度（これはフィードバック制御のゲインに相当する）を、適宜可変的に設定することが好ましい。

【0372】このために、本実施形態のシステムにおける点火時期操作回転数  $F/B$  制御にあつては、前述の吸入空気量  $F/B$  制御補正処理の場合と同様に、上記偏差の減衰速度を指定可能な応答指定型制御であるスライディングモード制御（本実施形態では適応スライディングモード制御）を用いる。

【0373】この適応スライディングモード制御（以下、点火時期側適応 S L D 制御という）を用いた点火時期操作回転数  $F/B$  制御の処理、すなわち、回転数  $N_e$  を目標回転数  $n_e/\text{fire}$  に収束させるように点火時期の指令値  $i\text{glog}$  を生成する処理のアルゴリズムは次のように構築されている。

【0374】まず、本実施形態では、点火時期側適応 S L D 制御の制御対象を、点火時期の指令値  $i\text{glog}$  を表すデータから、回転数  $N_e$ （実回転数）を表すデータを生成する系と考え、それを離散系（離散時間系）でモデル化しておく。

【0375】この場合、本実施形態では、点火時期の指令値  $i\text{glog}$  と所定の基準指令値  $i\text{g}0$  と偏差  $\text{DIG}$ （ $=i\text{glog} - i\text{g}0$ 。以下、点火時期偏差指令値  $\text{DIG}$  という）を点



火時期の指令値  $iglog$  を表すデータとして用いると共に、回転数  $N_e$  と所定の基準回転数  $Ne0$  との偏差  $DNE$  ( $=N_e - Ne0$ 、以下、偏差回転数  $DNE$  という) を回転数  $N_e$  を表すデータとして用いる。

【0376】尚、本実施形態では、点火時期の基準指令値  $ig0$  として、前記図 3 で示した基本指令値  $igbase$  (内燃機関 1 の FIRE モード以外の通常的な運転時における点火時期の指令値) を用いる ( $ig0 = igbase$ )。従って、前記図 3 で示した補正量  $DIG$  が上記点火時期偏差指令値  $DIG$  である。また、本実施形態では、回転数  $N_e$  に

$$DNE(k+1) = c1 \cdot DNE(k) + c2 \cdot DNE(k-1) + d1 \cdot DIG(k) \quad (38)$$

【0379】この式 (38) により表現した制御対象のモデル (以下、回転数制御対象モデルという) は、該回転数制御対象モデルの出力としての各制御サイクルにおける偏差回転数  $DNE(k+1)$  を、それより過去の偏差回転数  $DNE$  の時系列データ  $DNE(k)$ ,  $DNE(k-1)$ 、並びに該回転数制御対象モデルの入力としての点火時期偏差指令値  $DIG(k)$  を用いて表現したものである。

【0380】また、式 (38) で、偏差回転数  $DNE(k)$ ,  $DNE(k-1)$  にそれぞれ係る係数  $c1$ ,  $c2$  と、点火時期偏差指令値  $DIG(k)$  に係る係数  $d1$  とは、回転数制御対象モデルの実際の挙動特性を規定するモデルパラメータであり、これらのモデルパラメータ  $c1$ ,  $c2$ ,  $d1$  は、回転数制御対象モデルの挙動特性と、該モデルにより表現した実際の制御対象の挙動特性とが整合するようにあらかじめ実験やシミュレーション等を通じて同定しておく。

【0381】この場合、回転数制御対象モデルは離散系モデルであるため、種々の公知の同定アルゴリズム (例えば回転数制御対象モデル上で生成される偏差回転数  $DNE(k+1)$  と実際の偏差回転数との間の誤差が最小になるように最小二乗法によりモデルパラメータ  $c1$ ,  $c2$ ,  $d1$  を同定するアルゴリズム等) を用いてモデルパラメー

$$\sigma 2(k) = s3 \cdot (DNE(k) - dne(k)) + s4 \cdot (DNE(k-1) - dne(k-1))$$

$$= s3 \cdot En(k) + s4 \cdot En(k-1) \quad (39)$$

【0385】ここで、式 (39) 中の  $s3$ ,  $s4$  は切換関数  $\sigma 2$  の各項の係数パラメータであり、次の条件を満たすように設定する。

【0386】

$$\text{【数 40】} \quad -1 < \frac{s4}{s3} < 1$$

$$(s3=1 \text{ のとき, } -1 < s4 < 1) \quad (40)$$

【0387】尚、本実施形態では、簡略化のために  $s3 = 1$  としている。また、係数パラメータ  $s4$  の値 (より一般的には、 $s4 / s3 = \text{pole}/ig$  の値) を可変的に設定するのであるが、これについては後述する。

【0388】このように切換関数  $\sigma 2$  を定義したとき、

係わる基準回転数  $Ne0$  として、前記図 3 で示した所定のアイドル回転数  $NOBJ$  を用いる ( $Ne0 = NOBJ$ )。

【0377】そして、本実施形態で、上記の点火時期偏差指令値  $DIG$  と、偏差回転数  $DNE$  とを用いて、点火時期側適応  $SLD$  制御の制御対象のモデルを次式 (38) のように離散系モデル (本実施形態では 2 次の自己帰帰モデル) で表現しておく。

【0378】

【数 38】

タ  $c1$ ,  $c2$ ,  $d1$  を比較的容易に同定することが可能である。

【0382】このようにして定めた回転数制御対象モデルに基づいて、点火時期側適応  $SLD$  制御の処理のアルゴリズムは次のように構築する。

【0383】すなわち、点火時期側適応  $SLD$  制御では、スライディングモード制御に必要な切換関数  $\sigma 2$  を、前述の吸気側適応スライディングモード制御の場合と同様に、前記偏差回転数  $DNE$  とその目標値  $dne$  との偏差  $En = DNE - dne$  (以下、回転数偏差  $En$  という) の制御サイクル毎の時系列データ  $En(k)$ ,  $En(k-1)$  を変数とする次式 (39) の線形関数により定義する。尚、偏差回転数  $DNE$  の目標値  $dne$  (以下、偏差目標回転数  $dne$  という) は、前記図 3 で示した目標回転数  $ne/fire$  と前記基準回転数  $Ne0$  ( $=$  アイドリング回転数  $NOBJ$ ) との偏差 ( $= ne/fire - Ne0$ ) である。従って、上記回転数偏差  $En = DNE - dne$  は、回転数  $N_e$  (実回転数) と目標回転数  $ne/fire$  との偏差 ( $= N_e - ne/fire$ ) と同じである。

【0384】

【数 39】

吸気側適応スライディングモード制御の場合と同様に、前記回転数偏差  $En$  の時系列データ  $En(k)$ ,  $En(k-1)$  の組から成る状態量 ( $En(k)$ ,  $En(k-1)$ ) を、 $\sigma 2 = 0$  なる関係式によって定義される切換線上に収束させ、その収束状態を維持すると、状態量 ( $En(k)$ ,  $En(k-1)$ ) を、外乱等の影響によらずに極めて安定に切換線  $\sigma 2 = 0$  上の平衡点、すなわち、 $En(k) = En(k-1) = 0$  となる点に収束させることができる。

【0389】また、前記偏差回転数  $DNE$  を前記偏差目標回転数  $dne$  に収束させる (回転数  $N_e$  を目標回転数  $ne/fire$  に収束させる) ために、前記式 (39) によりモデル化した制御対象に与えるべき入力として点火時期側適応  $SLD$  制御が生成する制御入力、すなわち点火時期偏



差指令値DIG は、吸気側適応スライディングモード制御の場合と同様に、等価制御入力DIGeq と到達則入力DIGrch と適応則入力DIGadpとの総和である（次式（41）を参照）。

【0390】

【数41】

$$DIG(k) = DIGeq(k) + DIGrch(k) + DIGadp(k) \quad (41)$$

$$DIGeq(k) = \frac{-1}{s_3 \cdot d_1} \cdot \left[ (s_3 \cdot (c_1 - 1) + s_4) \cdot DNE(k) + (s_3 \cdot c_2 - s_4) \cdot DNE(k-1) - s_3 \cdot (dne(k+1) - dne(k)) - s_4 \cdot (dne(k) - dne(k-1)) \right]$$

$$= \frac{-1}{s_3 \cdot d_1} \cdot \left[ (s_3 \cdot (c_1 - 1) + s_4) \cdot En(k) + (s_3 \cdot c_2 - s_4) \cdot En(k-1) \right] + \frac{-1}{d_1} \cdot \left[ -dne(k+1) + c_1 \cdot dne(k) + c_2 \cdot dne(k-1) \right] \quad (42)$$

【0393】

【数43】

$$DIGrch(k) = \frac{-1}{s_3 \cdot d_1} \cdot F_3 \cdot \sigma_2(k) \quad (43)$$

【0394】

【数44】

$$DIGadp(k) = \frac{-1}{s_3 \cdot d_1} \cdot F_4 \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_2(i) \quad (44)$$

【0395】そして、この場合、式（43）中の係数F3（到達則のゲインを規定する係数）は、次式（45）、より好ましくは（45）'の条件を満たすようにあらかじめ設定しておく。

【0396】また、式（44）中の係数F4（適応則のゲインを規定する係数）は、次式（46）の条件を満たすようにあらかじめ設定しておく。尚、式（46）中のΔTは制御サイクル（制御周期）である。

【0397】

【数45】

$$0 < F_3 < 2 \quad (45)$$

$$0 < F_3 < 1 \quad (45)'$$

$$iglog(k) = igbase(k) + DIG(k)$$

$$= igbase(k) + (DIGeq(k) + DIGrch(k) + DIGadp(k)) \quad (47)$$

【0401】この場合、前記等価制御入力DIGeq や切換関数σ2の値を求めるために必要な偏差目標回転数dneは次のように求める。

【0402】すなわち、本実施形態では、内燃機関1の回転数Ne（実回転数）が、前記図3に示した設定回転数（=NOBJ+NEFSLDS）に達した時、又は、前記FIRE経過時間t/fireがあらかじめ定めた所定値TSLDIGSTに

【0391】そして、これらの等価制御入力DIGeq、到達則入力DIGrch及び適応則入力DIGadpは、吸気側適応スライディングモード制御の場合と同様に、それぞれ次式（42）～（44）により与えられる。

【0392】

【数42】

【0398】

【数46】

$$F_4 = J' \cdot \frac{2 - F_3}{\Delta T} \quad (46)$$

（但し、 $0 < J' < 2$ ）

【0399】本実施形態における点火時期側適応SLD制御では、制御サイクル毎に、前記式（42）～（44）により等価制御入力DIGeq、到達則入力DIGrch及び適応則入力DIGadpをそれぞれ求め、それらの総和を演算する（式（41））ことで、点火時期偏差指令値DIGを求める。そして、この点火時期偏差指令値DIGを、次式（47）のように前記基準指令値ig0、すなわち内燃機関1の通常的な運転時の基本指令値igbaseに加算することで、点火時期の指令値iglogを決定する。

【0400】

【数47】

達した時から点火時期操作回転数F/B制御を開始する。そして、FIREモードにおける内燃機関1の目標回転数ne/fireは、点火時期操作回転数F/B制御の開始時からの経過時間Δt/nfb（以下、回転数F/B経過時間Δt/nfbという）に応じて次式（48）により設定する。

【0403】



【数 48】

$$ne/fire(k) = NOBJ + NEFSLDS - K/NE \cdot \Delta t/nfb \quad (48)$$

$$\left( \text{但し } \Delta t/nfb \geq \frac{NEFSLDS}{K/NE} \text{ では } ne/fire(k) = NOBJ \right)$$

【0404】ここで、式(48)中の $K/NE$ は、目標回転数 $ne/fire$ の時間的減少度合い(傾き)を規定する一定の所定値( $>0$ )である。

【0405】尚、この場合において、式(48)の右辺の演算結果がアイドリング回転数 $NOBJ$ を下回る場合( $\Delta t/nfb > NEFSLDS / K/NE$ の場合)には、目標回転数 $ne/fire$ をアイドリング回転数 $NOBJ$ に固定する。

【0406】これにより、目標回転数 $ne/fire$ は、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御の開始後、前記設定回転数( $=NOBJ + NEFSLDS$ )からアイドリング回転数 $NOBJ$ に向かって直線的に徐々に減少し、該アイドリング回転数 $NOBJ$ に達した後は、該アイドリング回転数 $NOBJ$ に維持される。

【0407】従って、本実施形態では、各制御サイクルにおける目標回転数 $ne/fire(k)$ は、該制御サイクルにおける前記回転数 $F/B$ 経過時間 $\Delta t/nfb$ から式(48)により求められ、この目標回転数 $ne/fire(k)$ からアイドリング回転数 $NOBJ$ を減算することで、各制御サイクルにおける偏差目標回転数 $dne(k)$ ( $=ne/fire(k) - NOBJ$ )が求められる。そして、この偏差目標回転数 $dne(k)$ と、その前回値 $dne(k-1)$ ( $=ne/fire(k-1) - NOBJ$ )、すなわち

$$ne/fire(k+1) = NOBJ + NEFSLDS - K/NE \cdot \Delta t/nfbpre \quad (49)$$

$$\left( \text{但し } \Delta t/nfbpre \geq \frac{NEFSLDS}{K/NE} \text{ では } ne/fire(k+1) = NOBJ \right)$$

【0410】さらに、該目標回転数 $ne/fire(k+1)$ からアイドリング回転数 $NOBJ$ を減算することで、次の制御サイクルにおける偏差目標回転数 $dne(k+1)$ ( $=ne/fire(k+1) - NOBJ$ )が求められる。

【0411】そして、このようにして求められる偏差目標回転数 $dne(k+1)$ と、前述の如く求められる偏差目標回転数 $dne(k)$ 、 $dne(k-1)$ とを用いて前記式(42)の演算を行うことで、等価制御入力 $DIGeq$ を求めることができる。

【0412】尚、本実施形態では、 $FIRE$ モードの中断動作中は、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御を中断し、点火時期の指令値 $iglog$ を内燃機関1の通常の運転時の基本指令値 $igbase$ に戻す。この場合、中断動作が開始してから、式(47)の点火時期偏差指令値 $DIG$ の値(絶対値)を、その値が「0」になるまで制御サイクル毎に所定の単位値 $dec/ig$ ずつ減少させていく(徐々に「0」に近づけていく)ことで、点火時期の指令値 $iglog$ を徐々に基本指令値 $igbase$ に戻すようにしている。そ

前回の制御サイクルで求めた偏差目標回転数 $dne(k-1)$ とを用いることで、制御サイクル毎に前記式(39)により切換関数 $\sigma 2(k)$ の値を求めることができる。そして、この切換関数 $\sigma 2$ の値を用いることで、前記式(43)、(44)により到達則入力 $DIGrch$ 及び適応則入力 $DIGadp$ を求めることができる。

【0408】また、本実施形態では、制御サイクル( $TDC$ )は、内燃機関1の回転数 $N_e$ に反比例するので、現在の回転数 $N_e$ から1制御サイクル分の時間 $\Delta T$ ( $\propto 1/N_e$ )を求め、該時間 $\Delta T$ を現在の回転数 $F/B$ 経過時間 $\Delta t/nfb$ に加算することで、次の制御サイクルにおける回転数 $F/B$ 経過時間( $=\Delta t/nfb + \Delta T$ )を予測することができる(以下、この予測値を回転数 $F/B$ 予測経過時間 $\Delta t/nfbpre$ という)。そして、この回転数 $F/B$ 予測経過時間 $\Delta t/nfbpre$ を前記式(48)に適用する(式(48)の右辺の $\Delta t/nfb$ に $\Delta t/nfbpre$ を代入する)ことで、次式(49)により次の制御サイクルにおける目標回転数 $ne/fire(k+1)$ を求めることができる。

【0409】

【数 49】

して、中断動作が解除されたときには、直ちに点火時期操作回転数 $F/B$ 制御を再開するようにしている。

【0413】また、本実施形態では、 $FIRE$ モードの動作が終了し( $FIRE$ 実行可否フラグ $f/fireon$ が「1」から「0」になる)、システムの動作モードが通常モードに移行する際にも、点火時期の指令値 $iglog$ を徐々に基本指令値 $igbase$ に戻すようにしている。

【0414】以上説明した内容が、本実施形態における点火時期操作回転数 $F/B$ 制御の処理の基本的内容である。

【0415】ところで、応答指定型制御である前記点火時期側適応 $SLD$ 制御にあつては、前記吸気側適応 $SLD$ 制御と同様、前記切換関数 $\sigma 2$ の係数パラメータ $s3$ 、 $s4$ の比( $s4/s3$ )の値(以下、この比の値をポール $pole/ig$ という)によって、前記回転数偏差 $En$ ( $=DNE - dne = N_e - ne/fire$ )の減衰速度を指定することができる。すなわち、ポール $pole/ig$ ( $=s4/s3$ )の絶対値を「1」よりも小さい範囲で「0」に近



づけていく程、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度は速くなる。尚、本実施形態では、前記吸気側適応 SLD 制御の場合と同様、回転数偏差  $E_n$  の振動的な減衰を避けるために、 $s_4 / s_3 = \text{pole}/ig < 0$  としている。

【0416】このような点火時期側適応 SLD 制御の応答指定特性を利用し、本実施形態では次のように回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を可変的に設定する。

【0417】すなわち、点火時期の変化に対する内燃機関 1 の回転数  $N_e$  の変化は該点火時期が遅角側である程、大きくなる傾向がある。このため、回転数  $N_e$  の目標回転数  $ne/fire$  への制御を安定して行うためには、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を、操作している点火時期が遅角側である程、遅くしてやる（ポール  $\text{pole}/ig$  の絶対値を大きくする）ことが好ましいと考えられる。

【0418】そこで、本実施形態では、制御サイクル毎に、現在の点火時期の指令値  $iglog$ （前回の制御サイクルで決定された指令値  $iglog$ ）から、図 19 に示す如くあらかじめ定めたデータテーブルに基づいてポール  $\text{pole}/ig$  の基本値  $\text{pole}/igtbl$  を求め、基本的には、この基本値  $\text{pole}/igtbl$  をポール  $\text{pole}/ig$  の値として設定する。この場合、基本値  $\text{pole}/igtbl$ （以下、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  という）は、点火時期の指令値  $iglog$  が遅角側である程、その絶対値  $|\text{pole}/igtbl|$  を大きくするように設定されている（但し、 $-1 < \text{pole}/igtbl < 0$ ）。

【0419】尚、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  は、基本的には、前記吸気側適応 SLD 制御に関して前記図 9 のデータテーブルにより決定するポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  よりも「0」側に近い値に設定されている。換言すれば、点火時期側適応 SLD 制御に関して点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  により規定される前記回転数偏差  $E_n$  の減衰速度は、前記吸気側適応 SLD 制御に関してポールテーブル値  $\text{pole}/itbl$  に規定される前記吸気偏差  $E_q$  の減衰速度よりも速くなるように点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  が設定されている。

【0420】また、本実施形態では、点火時期操作回転数  $F/B$  制御を開始する際に、前述した点火時期側適応 SLD 制御の処理によって回転数  $N_e$  を目標回転数  $ne/fire$  に収束させるべく点火時期を急激に変化させると、内燃機関 1 の燃焼状態が悪化する虞れがある。従って、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の初期段階では、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅めにするようにポール  $\text{pole}/ig$  の値を設定することが好ましい。

【0421】そこで、本実施形態では、制御サイクル毎に、前記回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$ （点火時期操作回転数  $F/B$  制御を開始してから経過時間）から、図 20 に示す如くあらかじめ定めたデータテーブル（タイムテーブル）に基づいて点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  に応じて補正（乗算補正）するための補正係数  $kigt$  を求め、この補正

係数  $kigt$ （以下、時間対応補正係数  $kigt$  という）を点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  に乗算することで、該点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を補正するようにしている。

【0422】この場合、図 21 のデータテーブルでは、時間対応補正係数  $kigt$  は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の初期段階（回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が所定値  $T/NFBX$  に達するまで）では、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  の絶対値を若干大きくする方向（回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くする方向）に該点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を補正するような値（ $> 1$ ）に定められている。しかもこのとき、時間対応補正係数  $kigt$  は、回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が短い程、大きな値に定められ、これにより、回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が短い程、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  の絶対値がより大きくなる（回転数偏差  $E_n$  の減衰速度がより遅くなる）ように点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を補正するようにしている。そして、回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が所定値  $T/NFBX$  に達した後は、時間対応補正係数  $kigt$  は「1」に保持され、この状態では、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を補正しないようにしている。

【0423】さらに、本実施形態では、FIRE モードの中断動作中は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御は中断され、回転数  $N_e$  のフィードバック制御を行わないため、該中断動作が解除され、点火時期操作回転数  $F/B$  制御を再開する際に、内燃機関 1 の回転数が目標回転数  $ne/fire$  よりも大幅に高いものとなっていることがある。そして、このような状態では、前記回転数偏差  $E_n$  が大きなものとなるため、点火時期操作回転数  $F/B$  制御によって前述の如く求められる点火時期の指令値  $iglog$  が急激に遅角側に過大なものとなり、内燃機関 1 の燃焼状態が悪化する虞れがある。従って、FIRE モードの中断動作の解除によって点火時期操作回転数  $F/B$  制御を再開する際には、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が目標回転数  $ne/fire$  に対して大きく高回転側に離間しているような状況では、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くし、ひいては、点火時期の指令値  $iglog$  を過大に遅角側にするような前記点火時期偏差指令値  $DIG$  が求められるのを回避することが好ましいと考えられる。

【0424】そこで、本実施形態では、制御サイクル毎に、内燃機関 1 の現在の回転数  $N_e$  から、図 21 に示す如くあらかじめ定めたデータテーブルに基づいて、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  を回転数  $N_e$  に応じて補正（乗算補正）するための補正係数  $kigne$ （以下、回転数対応補正係数  $kigne$  という）を求める。この場合、図 21 のデータテーブルでは、回転数対応補正係数  $kigne$  は基本的には、回転数  $N_e$  が高い程（回転数  $N_e$  が目標回転数  $ne/fire$  に対して高回転側に離間している程）、点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/igtbl$  の絶対値を



大きくする方向（回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くする方向）に該点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を補正するような値（ $>1$ ）に設定されている。そして、本実施形態では、回転数対応補正係数  $kigne$  に基づく点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  の補正を、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の再開後、所定期間  $XCNT$ （これは、前記図 3 の  $STEP5-18$  で設定するカウントダウンタイマ  $cnt/igvpl$  の初期値である）だけ行うために、次式（50）により回転数対応補正係数  $kigne$  を修正し、この修正した補正係数  $kignef$ （以下、回転数対応修正補正係数  $kignef$  という）を点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  に乗算することで、該点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を補正する。

【0425】

【数50】

$$kignef = 1 + (kigne - 1) \cdot \frac{cnt/igvpl}{XCNT} \quad (50)$$

【0426】ここで、式（50）中のカウントダウンタイマ  $cnt/igvpl$  は、図 3 の  $STEP5-18$  によって、中断動作中（ $FIRE$  中断フラグ  $f/fpause = 1$  の状態）に常時、上記所定期間  $XCNT$  が設定される。そして、中断動作の解除により点火時期操作回転数  $F/B$  制御が再開されると、カウントダウンタイマ  $cnt/igvpl$  の値は、所定期間  $XCNT$  の値から、制御サイクル毎に所定値ずつ減少し、最終的に「0」になった後はその値に保持される。従って、式（50）により求まる回転数対応修正補正係数  $kignef$  は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御が再開してから所定期間  $XCNT$  が経過するまでは、回転数  $N_e$  に応じた値（ $\geq 1$ ）であるが、該所定期間  $XCNT$  が経過した後は、 $kignef = 1$  である（このとき、回転数対応修正補正係数  $kignef$  による点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  の補正は行われなくなる）。

【0427】尚、カウントダウンタイマ  $cnt/igvpl$  は、前記始動モード処理（ $STEP3-2$ ）において「0」に初期化されるもので、 $FIRE$  モードの中断動作中と、該中断動作が終了してから所定期間  $XCNT$  が経過するまでの期間とを除いて値が「0」に保持される。

【0428】本実施形態では、制御サイクル毎に、前述のように求めた点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  に、次式（51）の如く前記時間対応補正係数  $kigt$  及び回転数対応修正補正係数  $kignef$  を乗算してなる値を、最終的なポール  $pole/ig$  の値として設定する。

【0429】

【数51】

$$pole/ig = pole/igtbl \cdot kigt \cdot kignef \quad (51)$$

【0430】尚、時間対応補正係数  $kigt$  は、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の開始直後の初期段階においてのみ  $kigt > 1$  となり、これ以外の状態では、 $kigt = 1$  である。また、回転数対応修正補正係数  $kignef$  は、 $FIRE$  モードの中断動作の解除直後の初期段階で、しかも回転

数  $N_e$  が比較的高い場合のみ  $kignef > 1$  となり、これ以外の状態では  $kignef = 1$  である。従って、式（51）により設定されるポール  $pole/ig$  の値は、通常的には、点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  である。

【0431】以上説明した内容をふまえて、前記図 4 の  $STEP4-6$  において前記点火時期操作手段 26 が行う点火時期の指令値  $iglog$  の生成処理を次に具体的に説明する。

【0432】図 22 のフローチャートを参照して、前記  $STEP4-6$  では、点火時期操作手段 26 は、まず、点火時期の基本指令値  $igbase$  を決定する（ $STEP22-1$ ）。この場合、該基本指令値  $igbase$  は、例えば内燃機関 1 の現在の回転数  $N_e$  や吸気圧  $P_b$ 、機関温度  $T_w$ 、大気温度  $T_a$  等から、あらかじめ定めたマップや演算式を用いて求める。

【0433】次いで、点火時期操作手段 26 は、前記点火時期偏差指令値  $DIG$  を決定するための処理を図 23 のフローチャートに示すように実行する（ $STEP22-2$ ）。

【0434】すなわち、 $STEP22-2$  の処理では、まず、現在の  $FIRE$  実行可否フラグ  $f/fireon$  の値を判断する（ $STEP23-1$ ）。

【0435】このとき、 $f/fireon = 1$ 、すなわち、 $FIRE$  モードの動作を行うべき状態である場合には、点火時期操作手段 26 は点火時期操作回転数  $F/B$  制御を行うか否かをそれぞれ値「1」、「0」で表すフラグ  $f/nefb$ （以下、回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nefb$  という）の値を判断する（ $STEP23-2$ ）。

【0436】この回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nefb$  は、前記始動モード処理（ $STEP4-2$ ）において「0」に初期化されるものである。

【0437】この  $STEP23-2$  において、 $f/nefb = 0$ 、すなわち、点火時期操作回転数  $F/B$  制御をまだ行うべき状態でない場合には、前記回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  の値を「0」に初期化する（ $STEP23-3$ ）。該回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  は、 $STEP23-2$  で  $f/nefb = 1$  となって、点火時期操作回転数  $F/B$  制御を行うべき状態となった制御サイクルから計時を開始するものであり、 $STEP23-2$  で  $f/nefb = 1$  である場合には、 $STEP23-3$  の処理は省略される。

【0438】次いで、点火時期操作手段 26 は、今回の制御サイクルにおける目標回転数  $ne/fire(k)$  と、次の制御サイクルにおける目標回転数  $ne/fire(k+1)$  とを求める（ $STEP23-4$ ）。この場合、今回の制御サイクルにおける目標回転数  $ne/fire(k)$  は、現在の回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  から前記式（48）により求められる。また、次の制御サイクルにおける目標回転数  $ne/fire(k+1)$  に関しては、現在の内燃機関 1 の回転数  $N_e$ （回転数センサ 14 の検出値）から把握される 1 制御サイクルの時間  $\Delta T$  を現在の回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nf$



b に加算することで回転数  $F/B$  予測経過時間  $\Delta t/nfbpre$  を求め、この回転数  $F/B$  予測経過時間  $\Delta t/nfbpre$  から前記式 (49) により目標回転数  $ne/fire(k+1)$  が求められる。

【0439】尚、今回の制御サイクルにおける目標回転数  $ne/fire(k)$  は、回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が STEP 23-3 で「0」に設定されている間 ( $f/nfb=0$  の状態) は、前記設定回転数 (NOBJ+NEFSLDS) である。

【0440】次いで、点火時期操作手段 26 は、内燃機関 1 の現在の回転数  $Ne$  が現在の目標回転数  $ne/fire(k)$  以上となったか否か (STEP 23-5)、現在の FIRE 経過時間  $t/fire$  が所定値 TSLDIGST (一定値) 以上となったか否か (STEP 23-6) を順次判断する。

【0441】そして、STEP 23-5、23-6 のいずれかの条件が成立したときには、回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nfb$  の値を「1」に設定する (STEP 23-7)。これにより、FIRE モードの動作が開始してから、内燃機関 1 の回転数  $Ne$  が前記設定回転数 (NOBJ+NEFSLDS) に達した時、又は、FIRE 経過時間  $t/fire$  が所定値 TSLDIGST に達した時に回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nfb$  が「1」に設定され、点火時期操作回転数  $F/B$  制御を行い得る状態となる。

【0442】尚、STEP 23-5、23-6 のいずれかの条件も成立しない状態では、STEP 23-7 の処理は省略され、回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nfb$  の値は「0」に維持される。また、回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nfb$  は、「1」に設定された後に FIRE モードの動作中に「0」に戻されることはない。

【0443】次いで、点火時期操作手段 26 は、内燃機関 1 の現在の回転数  $Ne$  と、STEP 23-4 で求めた現在の目標回転数  $ne/fire(k)$  とから今回の制御サイクルにおける前記回転数偏差  $En(k)$  ( $=Ne - ne/fire(k)$ ) を算出する (STEP 23-8)。

【0444】次いで、点火時期操作手段 26 は、前記 FIRE 中断フラグ  $f/fpause$  の値を判断し (STEP 23-9)、 $f/fpause=0$ 、すなわち、FIRE モードの中断動作を行う状態でない場合には、さらに回転数  $F/B$  実行可否フラグ  $f/nfb$  の値を判断する (STEP 23-10)。

【0445】このとき、 $f/nfb=0$  である場合には、今回の制御サイクルにおける点火時期偏差指令値  $DIG(k)$  の値を「0」として (STEP 23-11)、図 22 のルーチン処理に復帰する。

【0446】一方、STEP 23-10 で  $f/nfb=1$  である場合には、点火時期操作回転数  $F/B$  制御のための点火時期偏差指令値  $DIG(k)$  を算出する (STEP 23-12)。

【0447】この点火時期偏差指令値  $DIG(k)$  の算出は次のように行われる。

【0448】すなわち図 24 のフローチャートを参照して、まず、点火時期の現在の指令値  $iglog(k-1)$  (前回の制御サイクルで決定された指令値) から、前記図 19 のデータテーブルにより前記点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を求める (STEP 24-1)。

【0449】また、現在の回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  から、前記図 20 のデータテーブルにより前記時間対応補正係数  $kigt$  を求める (STEP 24-2)。

【0450】また、内燃機関 1 の現在の回転数  $Ne$  から、前記図 21 のデータテーブルにより前記回転数対応補正係数  $kigne$  を求め (STEP 24-3)、さらにこの回転数対応補正係数  $kigne$  と、前記カウントダウンタイム  $cnt/igvpl$  の現在の値と、FIRE モードの中断動作の終了後のカウントダウンタイム  $cnt/igvpl$  の初期値としてあらかじめ定めた所定期間  $XCNT$  とから前記式 (50) により前記回転数対応修正補正係数  $kignef$  を求める (STEP 24-4)。

【0451】そして、STEP 24-1 で求めた点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  に、STEP 24-2 及び 24-4 でそれぞれ求めた時間対応補正係数  $kigt$  及び回転数対応修正補正係数  $kignef$  を乗算する (式 (51) の演算を行う) ことで、今回の制御サイクルにおけるポール  $pole/ig$  の値を決定する (STEP 24-5)。

【0452】次いで、点火時期操作手段 26 は、今回及び前回の制御サイクルにおいてそれぞれ前記 STEP 23-8 で求めた回転数偏差  $En(k)$ 、 $En(k-1)$  と、上記 STEP 24-5 で求めたポール  $pole/ig$  の今回値とから、前記式 (39) の演算により今回の制御サイクルにおける前記切換関数  $\sigma 2(k)$  を求める (STEP 24-6)。この場合において、式 (39) 中の係数パラメータ  $s3$ 、 $s4$  はそれぞれ、「1」、「 $pole/ig$ 」である。

【0453】次いで、点火時期操作手段 26 は、前記式 (42) ~ (44) により、今回の制御サイクルにおける等価制御入力  $DIGeq$ 、到達則入力  $DIGrch$ 、及び適応則入力  $DIDadp$  をそれぞれ求める (STEP 24-7)。

【0454】より具体的には、等価制御入力  $DIGeq$  に関しては、まず、今回の制御サイクルにおいて前記 STEP 23-4 で求めた目標回転数  $ne/fire(k)$  及び  $ne/fire(k+1)$  と、前回の制御サイクルにおいて STEP 23-4 で求めた目標回転数  $ne/fire(k-1)$  とから、それらの目標回転数  $ne/fire(k)$ 、 $ne/fire(k+1)$ 、 $ne/fire(k-1)$  の前記基準回転数  $Ne0$  (=アイドリング回転数 NOBJ) に対する偏差、すなわち前記偏差回転数  $dne(k)$ 、 $dne(k+1)$ 、 $dne(k-1)$  を求める。そして、この偏差回転数  $dne(k)$ 、 $dne(k+1)$ 、 $dne(k-1)$  と、今回及び前回の制御サイクルにおいてそれぞれ前記 STEP 23-8 で求めた回転数偏差  $En(k)$ 、 $En(k-1)$  と、STEP 24-5 で求めたポール  $pole/ig$  の今回値とを用いて式 (42) の演算を行うことで、等価制御入力  $DIGeq(k)$  が求められる。この場



合において、式(42)中の係数パラメータ $s_3$ 、 $s_4$ はそれぞれ、「1」、「pole/ig」である。また、式(42)中のモデルパラメータ $c_1$ 、 $c_2$ 、 $d_1$ は前記回転数制御対象モデル(式(38))を参照)についてあらかじめ同定した所定値である。

【0455】また、到達則入力DIGrchに関しては、前記STEP24-6で求めた切換関数 $\sigma(k)$ の値を用いて式(43)の演算を行うことで、到達則入力DIGrch(k)が求められる。この場合において式(43)中の係数パラメータ $s_3$ は「1」であり、また、式(43)中の係数 $F_3$ は前記式(45)もしくは(45)'の条件を満たすようにあらかじめ設定した所定値である。

【0456】また、適応則入力DIDadpに関しては、STEP24-6で制御サイクル毎に求められる切換関数 $\sigma$ の値を制御サイクル毎に累積加算することで、切換関数 $\sigma$ の積算値 $\Sigma\sigma$ を求める。そして、この積算値 $\Sigma\sigma$ を用いて前記式(44)の演算を行うことで、適応則入力DIDadpを求める。この場合において式(44)中の係数パラメータ $s_3$ は「1」であり、また、式(44)中の係数 $F_4$ は前記式(46)の条件を満たすようにあらかじめ設定した所定値である。

【0457】上記のようにして等価制御入力DIGeq、到達則入力DIGrch、及び適応則入力DIDadpを求めた後、点火時期操作手段26は、式(41)に従ってそれらの総和を演算することで、今回の制御サイクルにおける点火時期偏差指令値DIG(k)を求め(STEP24-8)、図23のルーチン処理に復帰する。

【0458】図23の説明に戻って、上記のようにしてSTEP23-12で点火時期偏差指令値DIG(k)を算出した後、点火時期操作手段26は、該点火時期偏差指令値DIG(k)の値を所定の上限値と下限値との間の値に制限する(DIG(k)>上限値、あるいはDIG(k)<下限値であるとき、それぞれDIG(k)の値を強制的に上限値、下限値に設定する)リミット処理を行った後(STEP23-13)、図22のルーチン処理に復帰する。

【0459】前記STEP23-9で $f/f_{\text{pause}}=1$ の場合、すなわち、FIREモードの中断動作を行うべき状態となっている場合には、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御を中断し、点火時期の指令値iglogを基本指令値igbaseに徐々に戻す(点火時期偏差指令値DIGを徐々に「0」に戻す)ために、その指令値iglogの制御サイクル毎の戻し量を規定する単位値dec/ig(>0。以下、点火時期戻し単位値dec/igという)を決定する(STEP23-14)。

【0460】また、STEP23-1で $f/\text{fireon}=1$ の場合、すなわち、FIREモードの動作を終了するかもしれない状態となっている場合にも、点火時期の指令値iglogを基本指令値igbaseに徐々に戻すために、前記点火時期戻し単位値dec/igを決定する(STEP23-15)。

【0461】この場合、本実施形態では、STEP23-15では、点火時期戻し単位値dec/igをあらかじめ定めた所定値(一定値)に設定するが、FIREモードの中断動作に際してSTEP23-14で設定する点火時期戻し単位値dec/igは、現在のスロットル弁5の開度に比例させた値(スロットル弁5の開度が大きい程、点火時期戻し単位値dec/igを大きくする)に決定する。

【0462】これは次の理由による。すなわち、FIREモードの中断動作は、基本的には、車両のアクセルペダルの操作によって、車両の走行や内燃機関1のからぶかしを行う状況で行われるものである。そして、このときスロットル弁5の開度が前述の如くアクセル操作量 $A_p$ に応じた開度に操作され、該スロットル弁5の開度が大きい状況では、内燃機関1の所要の動作性能を確保するために、点火時期をなるべくすみやかに通常の点火時期(これは基本指令値igbaseに相当する)を戻すことが好ましいと考えられる。このために、STEP23-14では、点火時期戻し単位値dec/igをスロットル弁5の開度に比例させた値に決定する。

【0463】尚、この場合に点火時期戻し単位値dec/igを決定するために必要となるスロットル弁5の開度は、コントローラ2からスロットル弁アクチュエータ23に与える開度指令値あるいは図示しないセンサによる開度の検出値を用いる。

【0464】このようにして、点火時期戻し単位値dec/igを決定した後、点火時期操作手段26は、次に、現在の点火時期偏差指令値DIGの値(これは前回の制御サイクルで決定された点火時期偏差指令値DIG(k-1)である)が「0」より小さいか否か、すなわち、遅角側の値であるか否かを判断する(STEP24-16)。

【0465】そして、DIG(k-1)<0である場合(DIG(k-1)が遅角側の値である場合)には、現在の点火時期偏差指令値DIG(k-1)に前記STEP24-14又は24-15で決定した点火時期戻し単位値dec/igを加算した値

(DIG(k-1)+dec/ig)を今回の制御サイクルにおける点火時期偏差指令値DIG(k)として決定し(STEP24-17)、図22のルーチン処理に復帰する。尚、この場合において、点火時期偏差指令値DIG(k)の上限値を「0」とし、(DIG(k-1)+dec/ig)が「0」より大きくなるような場合には、点火時期偏差指令値DIG(k)の値を強制的に「0」とする。

【0466】一方、STEP24-16でDIG(k-1)≥0の場合(実質上は、DIG(k-1)=0の場合)には、FIRE実行可否フラグ $f/\text{fireon}$ の値を判断し(STEP24-18)、 $f/\text{fireon}=1$ の場合(この場合は、FIREモードの中断動作中である)には、今回の制御サイクルにおける点火時期偏差指令値DIG(k)を「0」として(STEP24-19)、図22のルーチン処理に復帰する。

【0467】尚、FIREモードの中断動作中( $f/\text{fire}$



on=1 且つ f/fpause の状態)は、切換関数  $\sigma 2$  の積算値  $\Sigma \sigma 2$  の値は中断動作の開始直前の値に保持される。

【0468】また、STEP 24-18 で f/fireon=0 の場合、すなわち、FIRE モードの終了状態である場合には、FIRE 中断フラグ f/fpause 及び回転数 F/B 実行可否フラグ f/nefb の値を「0」にリセットすると共に、点火時期偏差指令値 DIG(k)、切換関数  $\sigma 2$  の値及びその積算値  $\Sigma \sigma 2$ 、等価制御入力 DIGeq、到達則入力 DIGrch、適応則入力 DIGadp の値等を「0」に初期化した後 (STEP 24-20)、図 22 のルーチン処理に復帰する。

【0469】図 22 の説明に戻って、前述の如く、STEP 22-2 で点火時期偏差指令値 DIG を決定する処理を実行した後、点火時期操作手段 26 は、STEP 22-1 で決定した基本指令値 igbase に STEP 22-2 で決定した点火時期偏差指令値 DIG を加算することで、今回の制御サイクルにおける点火時期の指令値 iglog を求める (STEP 22-3)。

【0470】次いで、点火時期操作手段 26 は、前述した吸入空気量操作手段 25 の前記点火時期応動補正処理に関して図 12 示した点火時期の遅角側の限界値 IGLGG とこの限界値 IGLGG よりも若干進角側の閾値 IGX とを決定する (STEP 22-4)。

【0471】この場合、点火時期の遅角側の限界値 IGLG は、内燃機関 1 の機関温度 Tw から図示しないデータテーブルに基づいて求められ、該限界値 IGLGG 以上の進角側の点火時期では、内燃機関 1 の正常な運転を行い得るように定められる。また、閾値 IGX は、限界値 IGLGG にあらかじめ定めた所定値 (一定値) を加算した値 (限界値 IGLGG よりも所定値だけ進角側の値) に設定する。尚、限界値 IGLGG は、内燃機関 1 の機関温度 Tw が通常的な温度範囲にある場合には、一定値であるが、機関温度 Tw がかなり低温な温度範囲にある場合には、通常的な温度範囲の場合よりも進角側の値になるようにしている。

【0472】このようにして点火時期の遅角側の限界値 IGLGG と閾値 IGX とを決定した後、点火時期操作手段 26 は、前記 STEP 22-3 で求めた指令値 iglog を閾値 IGX と比較する (STEP 22-5)。そして、このとき、指令値 iglog が閾値 IGX に等しいかもしくは該閾値 IGX よりも進角側の値である場合 (iglog  $\geq$  IGX) には、前記点火時期応動補正処理を行わないため前記点火時期判別フラグ f/dec (図 15 の STEP 15-7 を参照) の値を「0」に設定し (STEP 22-6)、STEP 22-9 に進む。

【0473】また、STEP 22-5 で iglog < IGX である場合には、前記点火時期応動補正処理を行うべく前記点火時期判別フラグ f/dec の値を「1」に設定し (STEP 22-7)、さらに、吸入空気量操作手段 25 による前記学習補正処理に係わる前記学習演算終了フラグ

f/flrncnd の値を判断する (STEP 22-8)。そして、点火時期操作手段 26 は、f/flrncnd = 0 である場合にのみ、現在の FIRE 経過時間 t/fire の値を前記学習終了時刻パラメータ t/ki1 の値として保持しておく

(STEP 22-9)、さらに前記基本学習補正係数 vp skisltd の算出処理を終了すべく学習演算終了フラグ f/flrncnd の値を「1」に設定する (STEP 22-10)。

【0474】次いで、点火時期操作手段 26 は、STEP 22-3 で求めた指令値 iglog を STEP 22-4 で決定した遅角側の限界値 IGLGG と比較し (STEP 22-11)、iglog  $\geq$  IGLGG である場合、すなわち指令値 iglog が遅角側の限界値 IGLGG 内に収まっている場合には、図 4 のメインルーチンの処理に復帰する。

【0475】一方、iglog < IGLGG である場合、すなわち、STEP 22-3 で求めた指令値 iglog が、遅角側の限界値 IGLGG を超えて遅角側の値となっている場合には、指令値 iglog を強制的に限界値 IGLGG に設定する (STEP 22-12)。さらにこのとき、切換関数  $\sigma 2$  の値の積算値  $\Sigma \sigma 2$  の値を iglog < IGLGG となる直前の制御サイクルで求めた値に強制的にホールド (保持) した後 (STEP 22-13)、図 4 のメインルーチンの処理に復帰する。このように積算値  $\Sigma \sigma 2$  の値をホールドするのは、点火時期の指令値 iglog を強制的に限界値 IGLGG に設定する状態で、前記 STEP 23-12 の処理により点火時期偏差指令値 DIG の算出を継続して行くと、切換関数  $\sigma 2$  の値の積算値  $\Sigma \sigma 2$  の値、ひいては前記適応則入力 DIGadp の値 (絶対値) が過剰に大きくなってしまふからである。

【0476】以上、図 19 ~ 図 24 を参照して説明した処理が、前記図 4 の STEP 4-6 で点火時期の指令値 iglog を制御サイクル毎に生成する処理の詳細であり、このようにして決定された指令値 iglog は前記点火装置 21 に与えられる。そして、該点火装置 21 は、与えられた指令値 iglog に従って内燃機関 1 の点火時期を操作する。

【0477】以上説明した本実施形態のシステムの作動によって、前記 FIRE モードの動作では、バイパス開度の操作により内燃機関 1 の燃焼室 4 の吸入空気量が通常のアイドリング運転時よりも増量される。また、これと並行して、点火時期操作回転数 F/B 制御によって、内燃機関 1 の回転数 Ne を所要の目標回転数 ne/fire (最終的にはアイドリング回転数 NOBJ) に収束させるように点火時期が遅角側に操作される。これにより、内燃機関 1 が混合気の燃焼により生成する排ガスによって触媒装置 3 に与えられる熱量が通常のアイドリング運転時よりも多くなって、該触媒装置 3 の昇温・活性化を早期に行うことが可能となると同時に、吸入空気量の増量によって上昇傾向となる内燃機関 1 の回転数 Ne を適正な回転数に維持することができる。



【0478】この場合、吸入空気量の増量に関しては、その増量を開始してから触媒装置 3 に実際に与えられる瞬時瞬時の熱量の積算値に相当する前記推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$  を、触媒装置 3 に実際に与えるべき熱量の目標積算値に相当する目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  に収束させるように、吸気側適応 SLD 制御を用いた前記吸気量  $F/B$  制御補正処理によってバイパス開度の指令値が補正される。

【0479】例えば図 25 の中段に示す如く、前記構造要因による吸入空気量のばらつきに起因して、推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$  が標準開度指令値  $\theta 0$  に応じて定まる目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  に対して誤差（吸気偏差  $E_q$ ）を生じたとき、開度指令  $\theta$ （バイパス開度の指令値）は、同図の上段に示す如く、標準開度指令  $\theta 0$  に対して前記 SLD 開度補正量  $i/sld$  だけ補正される。そして、この補正により、同図の中段に示す如く推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$  を目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  に収束させ、ひいては、触媒装置 3 に実際に与えられる熱量の積算値をその目標値に追従させることができる。これにより、前記構造要因による吸入空気量のばらつきを補償し、ひいては、該構造要因による触媒装置 3 の昇温形態のばらつきを解消することができる。

【0480】さらに、本実施形態では、前記大気条件補正処理により求めた前記大気圧補正係数  $k_{pa}$  と大気温度補正係数  $k_{ta}$  とによって、開度指令  $\theta$  を乗算補正する。すなわち、大気圧  $P_a$  が低い程、開度指令  $\theta$  を増加側に補正し、また、大気温度が高い程、開度指令  $\theta$  を増加側に補正する。これにより、大気条件による吸入空気量のばらつきを補償し、ひいては、該大気条件による触媒装置 3 の昇温形態のばらつきも解消することができる。

【0481】この結果、FIRE モードにおける触媒装置 3 の昇温形態を所望の昇温形態に合わせることができ（本実施形態では、内燃機関 1 の始動時の機関温度  $T_w$  や、FIRE モードの動作中の自動変速機のシフト位置が一定であれば、FIRE モードの中断動作が行われる場合を除いて、各回の FIRE モードの動作による触媒装置 3 の昇温形態はほぼ同じになる）、該 FIRE モードの動作による触媒装置 3 の所望の昇温・活性化を確実に行うことができる。

【0482】また、前記標準開度指令値  $\theta 0$ 、ひいては目標吸入空気量  $g_{air}/cmd$  及び目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  は、内燃機関 1 の始動時における触媒装置 3 の温度状態に相当する内燃機関 1 の始動時の機関温度  $T_w$  に応じたものに設定するため（基本的には、該機関温度  $T_w$  が高い程、目標吸入空気量  $g_{air}/cmd$  及び目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  は小さくなる）、内燃機関 1 の始動時の触媒装置 3 の温度状態に適した該触媒装置 3 の昇温・活性化を行うことができる。つまり、FIRE モードにおける触媒装置 3 の昇温形態（経時的な温度の上昇度合い）は、内燃機関 1 の始動時における触媒装置 3 の温度状態

に応じたものとなるが、FIRE モードの動作による最終的な触媒装置 3 の温度状態を該触媒装置 3 の活性化の上で適正な温度状態にすることができる。

【0483】また、標準開度指令値  $\theta 0$  により規定される目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  は、それに対応して内燃機関 1 の燃焼室 4 に制御サイクル毎に吸入されるべき吸入空気量、すなわち目標吸入空気量  $g_{air}/cmd$  を、FIRE 経過時間  $t/fire$  が所定値  $t_2$ （図 7 を参照）に達した後（内燃機関 1 の暖機がある程度進行した後）は、緩やかに減少させていくように設定される。このため、内燃機関 1 の暖機の進行によって、その各部のフリクションが低下しても内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が上昇傾向となるのを予防することができる。そして、この結果、内燃機関 1 の点火時期が前記点火時期操作  $F/B$  制御によって、過剰に遅角側に操作されるのを予防することができる。

【0484】さらに、本実施形態では、点火時期操作回転数  $F/B$  制御によって決定される点火時期の指令値  $iglog$  が、該点火時期を操作し得る遅角側の限界値  $IGLGG$  に近い閾値  $IGX$  を超えたときには、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理を中断して、前記点火時期応動補正処理によって、開度指令  $\theta$  をフィードフォワード的に減少させる。このため、内燃機関 1 のフリクションの低下が予想以上に大きく、あるいは早期に生じた場合であっても、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  の上昇傾向の高まりを抑え、点火時期が遅角側の限界値  $IGLGG$  に達する程、過剰に遅角側に操作されるような事態を回避することができる。

【0485】また、本実施形態では、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理に、外乱や制御対象のモデル化誤差や外乱の影響を受けにくいスライディングモード制御を用い、特に、外乱等の影響を極力排除するための適応則を用いた適応スライディングモード制御（吸気側適応 SLD 制御）を用いることで、推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$  を目標積算吸入空気量  $q_{air}/cmd$  に収束させ、ひいては、触媒装置 3 に与える熱量の積算値をその目標値に収束させる制御を高い安定性で行うことができる。この結果、触媒装置 3 の所望の昇温・活性化をより確実に行うことができる。

【0486】また、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理の吸気側適応 SLD 制御にあつては、その制御対象を開度指令  $\theta$  から積算吸入空気量  $Q_a$  を生成する系として、離散系のモデル（吸気制御対象モデル）で表現したため、該制御対象を連続系のモデルで表現する場合に比して、点火時期側適応 SLD 制御のアルゴリズムを簡素でコンピュータ処理に適したものに構築することができる。

【0487】特に、吸気側適応 SLD 制御の制御対象を離散系でモデル化することで、吸気側適応 SLD 制御に用いる切換関数  $\sigma 1$  を、前記吸気偏差  $E_q$  の変化速度等を用いることなく、該吸気偏差  $E_q$  のみの時系列データを用いて構成することができる。この結果、前記 SLD



開度補正量 $i/sld$ を求めるために必要な切換関数 $\sigma 1$ の値の信頼性を高め、ひいては、吸気側適応SLD制御の信頼性を高めることができる。

【0488】さらに、吸気側適応SLD制御では、等価制御入力 $\theta_{eq}$ のフィードバック項 $\theta_{eq}/fb$ を省略して、フィードフォワード項 $\theta_{eq}/ff$ に相当する標準開度指令値 $\theta 0$ を本実施形態での等価制御入力 $\theta_{eq}$ とすることで、制御対象のモデル（吸気制御対象モデル）のモデルパラメータ $a1$ 、 $a2$ 、 $b1$ を用いずに簡略なアルゴリズムで、SLD開度補正量 $i/sld$ を求めることができる。

【0489】尚、SLD開度補正量 $i/sld$ をモデルパラメータ $a1$ 、 $a2$ 、 $b1$ を用いて求めるようにしてもよいことはもちろんであるが、この場合であっても、吸気側適応SLD制御の制御対象のモデルを離散系で構築しているため、既知の同定アルゴリズムを用いることで、モデルパラメータ $a1$ 、 $a2$ 、 $b1$ の値を的確に同定することが可能である。

【0490】また、前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理においては、図25の中段に示される如く、内燃機関1の始動直後の前記SLD補正制限時間TISLDMTが経過するまでは、推定積算吸入空気量 $qair/pre$ 及び目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ の値を強制的に「0」に保持し、ひいては、SLD開度補正量 $i/sld$ の値も「0」に保持する。

【0491】このため、内燃機関1の始動直後は、SLD補正制限時間TISLDMTが経過するまで吸気量 $F/B$ 制御補正処理が行われないこととなり、バイパス開度は、標準開度指令値 $\theta 0$ （より正確には、標準開度指令値 $\theta 0$ に大気圧補正係数 $kpa$ 、大気温度補正係数 $kta$ 及び学習補正係数 $klearn$ を乗算した値）を主体として、フィードフォワード的に操作されることとなる（図25の上段を参照）。

【0492】従って、内燃機関1の始動直後は、吸入空気量は、標準開度指令値 $\theta 0$ の上昇形態と同じような形態で滑らかに増量されていくこととなり、この結果、始動直後の内燃機関1の燃焼状態を円滑に安定化し、内燃機関1の良好なエミッション状態を確保することができる。

【0493】さらに、吸気量 $F/B$ 制御補正処理を実際に開始する際には、図25の下段に示す如く前記吸気側適応SLD制御に係わるポール $pole/i$ の値を、FIRE経過時間 $t/fire$ が所定値TPOLEXに達するまで、「-1」側から徐々に増加させる（ $|pole/i|$ を徐々に減少させる）ことで、前記吸気偏差 $E_q$ の減衰速度をFIRE経過時間 $t/fire$ が所定値TPOLEXに達するまでは、該所定値TPOLEXに達した後よりも遅くする。

【0494】この結果、吸気量 $F/B$ 制御補正処理の開始によって、開度指令 $\theta$ 、ひいては、吸入空気量が急激に大きく変化するような事態が回避され、これによっても、始動後の初期段階における内燃機関1の燃焼状態の

安定性を保ちつつ、内燃機関1の良好なエミッション状態を確保することができる。

【0495】また、本実施形態では、前記学習補正処理によって、FIREモードの動作毎に吸気量 $F/B$ 制御補正処理によるSLD開度補正量 $i/sld$ を学習し、該SLD開度補正量 $i/sld$ をFIREモードの動作中に積算してなるSLD積算吸気補正量 $qair/sld$ の、目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ に対する比の値に基づく学習補正係数 $klearn$ （基本的には前記基本学習補正係数 $vpskisl$ ）を求める。そして、次のFIREモードの動作に際して、この学習補正係数 $klearn$ によりFIREモードの全期間にわたって開度指令 $\theta$ をフィードフォワード的に乗算補正することで、FIREモード中のSLD開度補正量 $i/sld$ による制御サイクル毎の開度指令 $\theta$ の補正を最小限に留めることができる。この結果、構造要因による吸入空気量のばらつきが大きく生じたような場合であっても、吸入空気量の時間的変化のパターンが標準開度指令値 $\theta 0$ のパターンに対して大きく逸脱した変化を呈するような事態を回避することができ、内燃機関1の燃焼状態やエミッション状態を損なうことなく安定した内燃機関1の運転を行うことができる。

【0496】また、本実施形態では、FIREモードの動作中に車両のアクセルペダルの操作による内燃機関1のからぶかしや車両の発進・走行が行われて、内燃機関1のアイドリング運転以外の運転を行う状態となり、FIREモードの中断動作を行う状況でも、吸入空気量の増量側へのバイパス開度の操作を行う（但し、吸気量 $F/B$ 制御補正処理は中断）と共に、推定積算吸入空気量 $qair/pre$ 及び目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ の算出を継続する。そして、該中断動作の解除後に、吸気量 $F/B$ 制御補正処理を再開して、推定積算吸入空気量 $qair/pre$ を目標積算吸入空気量 $qair/cmd$ に収束させるように開度指令 $\theta$ を補正する。このため、FIREモードの動作中に、内燃機関1のアイドリング運転以外の運転を行う状況となり、FIREモードの中断動作を行うような状況が生じても、FIREモード制限時間TFIREMT内における触媒装置3の昇温・活性化を確実に行うことができる。

【0497】また、点火時期操作回転数 $F/B$ 制御に関しては、そのフィードバック制御処理に、前記吸気量 $F/B$ 制御補正処理の場合と同様に、適応スライディングモード制御（点火時期側適応SLD制御）を用いることで、内燃機関1の回転数 $N_e$ の目標回転数 $ne/fire$ への制御の安定性を高めることができる。

【0498】この場合、特に、応答指定型制御である点火時期側適応SLD制御の応答指定特性を利用し、回転数 $N_e$ の制御のために操作する点火時期の指令値 $iglog$ が遅角側の値である程、回転数偏差 $E_n (=N_e - ne/fire)$ の減衰速度を遅くするように、該減衰速度を規定するパラメータである前記ポール $pole/ig (=s4/s$



3) の通常的な値として設定される前記点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を可変的に定める。つまり、一般に、点火時期が遅角側である程、該点火時期の変化に対する内燃機関 1 の回転数  $N_e$  の変化が大きなものとなるが、このような状態では、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅めにするようにポール  $pole/ig$  の値を設定することで、点火時期側適応 SLD 制御により決定される指令値  $iglog$  の変化を抑制し、回転数  $N_e$  が目標回転数  $ne/fire$  に対して急変するのを回避する。また、逆に点火時期の進角側では、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を速めにするようにポール  $pole/ig$  の値を設定することで、回転数  $N_e$  の目標回転数  $ne/fire$  への迅速な追従性を確保する。これにより、回転数  $N_e$  の目標回転数  $ne/fire$  への制御の適正な速応性を確保しつつ安定性を高めることができる。

【0499】また、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の開始直後の初期段階（回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/nfb$  が所定値  $T/NFBX$  に達するまで）では、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くするように前記時間対応補正係数  $kigt$  により点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を乗算補正してポール  $pole/ig$  を決定する。これにより、点火時期操作回転数  $F/B$  制御の開始直後に回転数  $N_e$  が急激に変動し、内燃機関 1 の燃焼状態が悪化するような事態を回避することができる。

【0500】さらに、本実施形態では、FIRE モードの中断動作の解除後に点火時期操作回転数  $F/B$  制御を再開するに際して、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が目標回転数  $ne/fire$  に対して高回転側に大きく離間している程、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くするように前記回転数対応修正補正係数  $kignef$  により点火時期対応ポール基本値  $pole/igtbl$  を乗算補正してポール  $pole/ig$  を決定する。これにより、点火時期操作回転数  $F/B$  制御を再開に際して内燃機関 1 の回転数  $N_e$  が目標回転数  $ne/fire$  に対して高回転側に大きく離間しているときに、大きな回転数偏差  $E_n$  に応じて急激に点火時期の指令値  $iglog$  が遅角側に变化するのを抑制し、内燃機関 1 の安定した運転状態を確保することができる。

【0501】さらに本実施形態では、点火時期操作回転数  $F/B$  制御に係わる前記回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を規定するポール  $pole/ig$  の絶対値よりも、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理に係わる前記吸気偏差  $E_q$  の減衰速度を規定するポール  $pole/i$  の絶対値の方が大きな値に設定される（図 17 の STEP 17-7、17-8 の処理を参照）。換言すれば、ポール  $pole/ig$  は、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度が吸気偏差  $E_q$  の減衰速度よりも速くなるような値に設定される。このため、点火時期操作回転数  $F/B$  制御により内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を目標回転数  $ne/fire$  に収束させるフィードバック制御と、吸気量  $F/B$  制御補正処理により推定積算吸入空気量  $qair/pre$  を目標積算吸入空気量  $qair/cmd$  に収束させるフィードバッ

ク制御との相互の干渉を回避して内燃機関 1 の回転数  $N_e$  を安定して目標回転数  $ne/fire$  に制御することができる。

【0502】また、本実施形態では、点火時期操作回転数  $F/B$  制御に用いる点火時期側適応 SLD 制御では、その制御対象を点火時期の指令値  $iglog$  に相当する点火時期偏差指令値  $DIG$  から、内燃機関 1 の回転数  $N_e$  に相当する偏差回転数  $DNE$  を生成する系として、離散系のモデル（回転数制御対象モデル）で表現したことで、点火時期側適応 SLD 制御のアルゴリズムを簡素でコンピュータ処理に適したものとすることができる。

【0503】特に、点火時期側適応 SLD 制御の制御対象を離散系でモデル化することで、吸気側適応 SLD 制御の場合と同様、切換関数  $\sigma 2$  を、前記回転数偏差  $E_n$  の変化速度等を用いることなく、該回転数偏差  $E_n$  のみの時系列データを用いて構成することができる。この結果、前記点火時期偏差指令値  $DIG$  を求めるために必要な切換関数  $\sigma 2$  の値の信頼性を高め、ひいては、点火時期側適応 SLD 制御の信頼性を高めることができる。

【0504】尚、本実施形態では、FIRE モードにおける内燃機関 1 の燃焼室 4 の吸入空気量の増量のための流量制御弁としてバイパス弁 7 を用いたが、スロットル弁 5 の開度を操作することで、吸入空気量の増量を行うようにしてもよい。

【0505】また、本実施形態では、内燃機関 1 の燃焼室 4 の吸入空気量（推定吸入空気量  $qair/pre$ ）を吸気圧  $P_b$  から推定して得るようにしたが、エアフローセンサ等を用いて直接的に検出して得るようにしてもよい。

【0506】また、本実施形態では、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理の応答指定型制御として適応スライディングモード制御を用いたが、適応則を省いた通常のスライディングモード制御を用いてもよく、これ以外にも ILQ 制御（応答指定型最適制御）を用いて回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を本実施形態と同様に指定するようにすることも可能である。さらに、吸気量  $F/B$  制御補正処理は、応答指定型制御に限らず、PI 制御、最適レギュレータ、 $H_\infty$  制御等を用いて行うようにしてもよい。

【0507】また、本実施形態では、吸気量  $F/B$  制御補正処理に用いるスライディングモード制御の制御対象を離散系でモデル化したのが、連続系でモデル化することも可能である。

【0508】また、前述の実施形態では、吸気量  $F/B$  制御補正処理の制御対象を 2 次の自己回帰モデル（離散系モデル）で表現したが、より高次の自己回帰モデルで表現することも可能である。そして、この場合、吸気量  $F/B$  制御補正処理に必要な切換関数は、例えば吸気偏差  $E_q$  の 3 個以上の時系列データの線形関数として設定する必要があるが、このような場合であっても、吸気偏差  $E_q$  の減衰速度を本実施形態と同様に切換関数の係数パラメータの値により指定することが可能である。そし



て、このことは点火時期側適応 SLD 制御の場合についても同様である。

【0509】以下に、吸気側適応 SLD 制御や点火時期側適応 SLD 制御の制御対象を例えば 3 次の自己回帰モデル（離散系モデル）で表現した場合に、吸気偏差  $E_q$  や回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を前述の実施形態と同様に指定する手法を簡単に説明しておく。尚、以下の説明において、吸気側適応 SLD 制御や点火時期側適応 SLD 制御やを包括的に適応 SLD 制御と称することとし、また、該適応 SLD 制御の制御対象の入力及び出力を一般的に  $X$ 、 $Y$ 、適応 SLD 制御の制御量である制御対象の出力  $Y$  の目標値を  $y$ 、該出力  $Y$  と目標値  $y$  との偏差を  $E$  ( $=Y-y$ ) により表す。この場合、吸気側適応 SLD 制御に関しては、上記入力  $X$ 、出力  $Y$ （制御量）、目標値  $y$ 、偏差  $E$  はそれぞれ、開度指令  $\Theta$ （バイパス開度の指令値）、推定積算吸入空気量  $q_{air}/pre$ 、目標積算吸入

空気量  $q_{air}/cmd$ 、吸気偏差  $E_q$  に相当するものとなる。また、点火時期側適応 SLD 制御に関しては、上記入力  $X$ 、出力  $Y$ （制御量）、目標値  $y$ 、偏差  $E$  はそれぞれ、前記点火時期偏差指令値  $DIG$  ( $=iglog - igbase$ )、偏差回転数  $DNE$  ( $=ne - NOBJ$ )、目標偏差回転数  $dne$  ( $=ne/fire - NOBJ$ )、回転数偏差  $E_n$  ( $=ne - ne/fire$ ) に相当するものとなる。

【0510】適応 SLD 制御の制御対象を、例えば次式 (52) のように 3 次の自己回帰モデル、すなわち、各制御サイクルにおける制御対象の出力  $Y$  を、その 3 制御サイクル前までの出力  $Y$  と 1 制御サイクル前の制御対象の入力  $X$  とを用いて表した離散系モデルによりモデル化したとき、

【0511】

【数 5 2】

$$Y(k+1) = e_1 \cdot Y(k) + e_2 \cdot Y(k-1) + e_3 \cdot Y(k-2) + f_1 \cdot X(k) \quad (52)$$

【0512】適応 SLD 制御に用いる切換関数  $\sigma_3$  は、例えば次式 (53) のように出力  $Y$ （制御量）と目標値  $y$  との偏差  $E$ （以下、制御量偏差  $E$  という）の 3 個の時系列データ  $E(k)$ 、 $E(k-1)$ 、 $E(k-2)$  の線形関数によ

り定義される。

【0513】

【数 5 3】

$$\sigma_3(k) = (Y(k) - y(k)) + s_5 \cdot (Y(k-1) - y(k-1)) + s_6 \cdot (Y(k-2) - y(k-2))$$

$$= E(k) + s_5 \cdot E(k-1) + s_6 \cdot E(k-2) \quad (53)$$

【0514】尚、式 (52) 中の  $e_1 \sim e_3$  及び  $f_1$  は、制御対象のモデルの挙動特性を規定するモデルパラメータである。また、式 (53) 中の  $s_5$ 、 $s_6$  は切換関数  $\sigma_3$  の係数パラメータである。この場合、制御量偏差  $E_n(k)$  に係る係数は簡単化のために「1」としている。

【0515】この場合、切換関数  $\sigma_3$  の値が「0」に収束した状態で制御量偏差  $E_n$  を安定に「0」に収束させる（減衰させる）ための条件は、式 (53) で  $\sigma_3 = 0$  として得られる次式 (54) の特性根、すなわち式 (55) により与えられる特性根  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  が複素平面上の単位円内に存在することである。

【0516】

【数 5 4】

$$E(k) = -s_5 \cdot E(k-1) - s_6 \cdot E(k-2) \quad (54)$$

【0517】

【数 5 5】

$$\lambda_1 = \frac{-s_5 + \sqrt{s_5^2 - 4 \cdot s_6}}{2}$$

$$\lambda_2 = \frac{-s_5 - \sqrt{s_5^2 - 4 \cdot s_6}}{2} \quad (55)$$

【0518】この条件を満たす切換関数  $\sigma_3$  の係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値の組み合わせは、図 26 に示す座標

平面（係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  を成分とする座標平面）において、三角形  $A_1 A_2 A_3$  により囲まれた領域内の点により定まる係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値の組み合わせである。つまり、係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を、それらの値により定まる図 26 の座標平面上の点が三角形  $A_1 A_2 A_3$  内に存するように設定すれば、切換関数  $\sigma_3$  の値が「0」に収束した状態で制御量偏差  $E$  を安定に「0」に収束させることができる。

【0519】さらに、制御量偏差  $E$  を非振動的に「0」に収束させる上では、図 26 の座標平面上の点が、三角形  $A_1 A_2 A_3$  内の点描部分（以下、この部分を領域  $A_1 A_2 A_4$  という）に存するように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を設定すればよい。ここで、領域  $A_1 A_2 A_4$  の上側の境界を規定する曲線  $A_1 A_4$  は、 $s_6 = s_5^2 / 4$  という二次関数により表される放物線である。また、点  $A_4$  は座標平面の原点である。

【0520】このように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を、それらの値により定まる点が領域  $A_1 A_2 A_4$  内に存するように設定するとき、その点 ( $s_5$ 、 $s_6$ ) を領域  $A_1 A_2 A_4$  の辺  $A_1 A_2$  上から原点  $A_4$  に向かって移動させるように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を変化させれば制御量偏差  $E$  の減衰速度は点 ( $s_5$ 、 $s_6$ ) が原点  $A_4$  に近づく程、速くなる。

【0521】例えば、点 ( $s_5$ 、 $s_6$ ) を曲線（放物線） $A_1 A_4$  上で点  $A_1$  側から原点  $A_4$  に向かって移動



させるように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を変化させれば（図 26 の矢印 B1 を参照）、制御量偏差  $E$  の減衰速度は連続的に徐々に速くなっていく。

【0522】あるいは、例えば、点  $(s_5, s_6)$  を  $s_6 = \eta \cdot s_5$ （但し、 $\eta > 0$ ）なる関係式により表される直線上で領域 A1 A2 A4 の辺 A1 A2 側から、原点 A4 に向かって移動させるように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を変化させれば（図 26 の矢印 B2 を参照）、制御量偏差  $E$  の減衰速度は連続的に徐々に速くなっていく。

【0523】従って、前記吸気量  $F/B$  制御補正処理の吸気側適応 SLD 制御に関しては、前述の実施形態と同様に、FIRE モードの初期段階（内燃機関 1 の始動直後）に、吸気偏差  $E_q$  の減衰速度を FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  に応じて徐々に低速側から上昇させていくためには、FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  の増加に伴い、徐々に、点  $(s_5, s_6)$  を領域 A1 A2 A4 内で、辺 A1 A2 寄りの位置から原点 A3 側に移動させるように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の値を変化させてやればよい。

【0524】この場合、このように係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  を可変的に設定するに際しては、点  $(s_5, s_6)$  を例えば曲線（放物線  $s_6 = s_5^2/4$ ）A1 A4 上で移動させ、あるいは、直線  $s_6 = \eta \cdot s_5$  上で移動させるようにすることが好ましい。このようにすれば、係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  のいずれか一方を FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  に応じて設定すると、他方の係数パラメータの値も定まるので、係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の可変的な設定がより容易になる。

【0525】より具体的には、例えば点  $(s_5, s_6)$  を曲線（放物線  $s_6 = s_5^2/4$ ）A1 A4 上で移動させるものとした場合、係数パラメータ  $s_5$  の基本値を、 $-2 < s_5 < 0$  の範囲（ここで「-2」、「0」はそれぞれ領域 A1 A2 A4 の曲線 A1 A4 上での係数パラメータ  $s_5$  の下限値、上限値である）において、前記ポールテーブル値  $\text{pole}/\text{itbl}$ （図 9 を参照）と同様の傾向で FIRE 経過時間  $t/\text{fire}$  に応じて定める。そして、この係数パラメータ  $s_5$  から、 $s_6 = s_5^2/4$  なる関係式により係数パラメータ  $s_6$  を決定する。このような係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の設定は、点  $(s_5, s_6)$  を直線  $s_6 = \eta \cdot s_5$  上で移動させる場合についても同様に行うことができる。

【0526】尚、この場合において、前記 SLD 開度補正量  $i/\text{sld}$  を求めるために必要な到達則入力  $\theta_{\text{rch}}$  及び適応則入力  $\theta_{\text{adp}}$  は、前述の実施形態と同様に、それぞれ、切換関数  $\sigma_3$  の値、及びその積算値に比例させたものとすればよい。また、等価制御入力  $\theta_{\text{eq}}$  は、標準開度指令値  $\theta_0$  を代用すればよい。

【0527】また、前記点火時期操作回転数  $F/B$  制御の点火時期側適応 SLD 制御に関しては、前述の実施形態と同様に点火時期の指令値  $\text{iglog}$  が遅角側である程、

回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くするためには、点火時期の指令値  $\text{iglog}$  が遅角側である程、点  $(s_5, s_6)$  が領域 A1 A2 A4 内で辺 A1 A2 に近づく（原点 A4 から離間する）ように点火時期の指令値  $\text{iglog}$  に応じて可変的に設定すればよい。そして、このような係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の可変的な設定の仕方は、前記 FIRE モードの中断動作の解除による点火時期操作回転数  $F/B$  制御の再開に際して、回転数偏差  $E_n$  が大きい程（回転数  $N_e$  が目標回転数  $n_e/\text{fire}$  に対して高回転側に離間している程）、回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くし、また、回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/\text{nfb}$  が所定値  $T/NF$  BX に達するまで回転数偏差  $E_n$  の減衰速度を遅くする場合についても同様である。

【0528】この場合も、吸気側適応 SLD 制御の場合と同様、係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  を可変的に設定するに際しては、点  $(s_5, s_6)$  を例えば曲線（放物線  $s_6 = s_5^2/4$ ）A1 A4 上で移動させ、あるいは、直線  $s_6 = \eta \cdot s_5$  上で移動させるようにすることで、係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の可変的な設定がより容易になる。

【0529】より具体的には、例えば点  $(s_5, s_6)$  を曲線（放物線  $s_6 = s_5^2/4$ ）A1 A4 上で移動させるものとした場合、係数パラメータ  $s_5$  の基本値を、 $-2 < s_5 < 0$  の範囲（ここで「-2」、「0」はそれぞれ領域 A1 A2 A4 の曲線 A1 A4 上での係数パラメータ  $s_5$  の下限値、上限値である）において、前記点火時期対応ポール基本値  $\text{pole}/\text{igtbl}$ （図 20 を参照）と同様の傾向で点火時期の指令値  $\text{iglog}$  に応じて定める。そして、この係数パラメータ  $s_5$  の基本値に、前記時間対応補正係数  $k_{\text{igt}}$  と同様の傾向で回転数  $F/B$  経過時間  $\Delta t/\text{nfb}$  に応じて定めた補正係数と、前記回転数対応補正係数  $k_{\text{igne}}$ （より好ましくは回転数対応修正補正係数  $k_{\text{ignef}}$ ）同様の傾向で回転数  $N_e$  に応じて定めた補正係数とを乗算してなる値を係数パラメータ  $s_5$  の値として設定する。そして、この係数パラメータ  $s_5$  から、 $s_6 = s_5^2/4$  なる関係式により係数パラメータ  $s_6$  を決定する。このような係数パラメータ  $s_5$ 、 $s_6$  の設定は、点  $(s_5, s_6)$  を直線  $s_6 = \eta \cdot s_5$  上で移動させる場合についても同様に行うことができる。

【0530】尚、この場合において、前記点火時期偏差指令値  $\text{DIG}$  を求めるために必要な等価制御入力  $\text{DIG}_{\text{eq}}$  を算出する演算式は、 $\sigma_3(k+1) = \sigma_3(k)$  なる条件と式 (52) とから求めることができる。また、到達則入力  $\text{DIG}_{\text{rch}}$  及び適応則入力  $\text{DIG}_{\text{adp}}$  は、前述の実施形態と同様に、それぞれ、切換関数  $\sigma_3$  の値、及びその積算値に比例させたものとすればよい。

【0531】また、前述の実施形態では、触媒装置 3 に与える熱量を表すデータとして燃焼室 4 の制御サイクル毎の吸入空気量の積算値（推定積算吸入空気量  $q_{\text{air}}/\text{pre}$ ）を用いたが、瞬時瞬時の吸入空気量（例えば前記推



定吸入空気量 $q_{air/pre}$ ）を触媒装置 3 に与える熱量データとして用い、これを目標値（例えば前記目標吸入空気量 $q_{air/cmd}$ ）に収束させるようにスライディングモード制御等を用いてフィードバック制御するようにしてもよい。

【0532】さらには、内燃機関 1 の瞬時瞬時の燃料供給量、あるいはその積算値、あるいは触媒装置 3 の温度上昇量を触媒装置 3 に与える熱量を表す熱量データとして用い、これを目標値に収束させるようにフィードバック制御してもよい。

【0533】この場合、例えば前記熱量データとして、内燃機関 1 の瞬時瞬時の（制御サイクル毎の）燃料供給量の積算値を用いるとした場合、該燃料供給量の積算値のデータは、例えば燃料供給量の制御サイクル毎の指令値を積算することで得ることができる。あるいは、前記推定吸入空気量 $q_{air/pre}$ から制御サイクル毎の燃料供給量を推定し、これを積算することで、燃料供給量の積算値のデータを得るようにしてもよい。また、燃料供給量の積算値の目標値は、例えば前記目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}$ から推定して求めるようにすればよい。さらに、この場合、燃料供給量の積算値の目標値へのフィードバック制御をスライディングモード制御を用いて行う場合、例えば前記式（9）の積算吸入空気量 $Q_a$ を燃料供給量の積算値のデータに置き換えた式により表される制御対象のモデル（離散系モデル）と、前記式（10）の吸気偏差 $E_q$ を燃料供給量の積算値とその目標値との偏差に置き換えた式により表される切換関数とに基づいて、吸気側適応 SLD 制御と同様にスライディングモード制御のアルゴリズムを構築することで、燃料供給量の積算値をその目標値に収束させるための開度指令 $\theta$ の補正量（これは前記 SLD 開度補正量 $i/sld$ に相当する）を求めることができる。

【0534】また、例えば前記熱量データとして、触媒装置 3 の温度上昇量（より詳しくは、内燃機関 1 の始動時における触媒装置 3 の初期温度からの温度上昇量）を用いるとした場合、該温度上昇量は、制御サイクル毎に触媒装置 3 の温度を検出し、その検出温度から内燃機関 1 の始動時に検出した触媒装置 3 の初期温度を減算することで得ることができる。あるいは、例えば内燃機関 1

$$T(k+1)=g_1 \cdot T(k)+g_2 \cdot T(k-1)+g_3 \cdot T(k-2)+h_1 \cdot \theta(k) \quad (57)$$

【0541】尚、式（57）中の $g_1 \sim g_3$ 及び $h_1$ は、制御対象のモデルの挙動特性を規定するモデルパラメータである。

【0542】そして、この場合、式（57）により表現したモデルは 3 次の自己回帰モデルであるので、スライディングモード制御用の切換関数 $\sigma_4$ は、例えば次式（58）のように、触媒装置 3 の温度上昇量とその目標値 $t_x$ との偏差 $E_x$ （ $T-t_x$ ）の 3 個の時系列データ $E_x(k)$ 、 $E_x(k-1)$ 、 $E_x(k-2)$ を成分とする線形関数により設定すればよい。

が生成した排ガスの熱量の積算値を、前記積算吸入空気量 $q_{air/pre}$ 等から推定し（例えば排ガスの熱量の積算値が積算吸入空気量 $q_{air/pre}$ に比例するものとして積算吸入空気量 $q_{air/pre}$ から推定する）、その排ガスの熱量の積算値の推定値から次式（56）により温度上昇量 $T$ を制御サイクル毎に推定するようにしてよい。

【0535】

【数 56】

$$T(k)=\varepsilon \cdot T(k-1)+\gamma \cdot Q_x(k) \quad (56)$$

【0536】ここで、式（56）中の $Q_x$ は、排ガスの熱量の積算値を表し、 $\varepsilon$ 、 $\gamma$ は適当な係数である。尚、この式（56）は、排ガスの熱量の積算値 $Q_x$ から触媒装置 3 の温度上昇量 $T$ を生成する系を一次遅れ系として離散系モデルで表現したものである。

【0537】また、この場合、触媒装置 3 の温度上昇量の目標値は、例えば前記目標積算吸入空気量 $q_{air/cmd}$ から排ガスの熱量の積算値の目標値を推定し、それを式（56）の $Q_x$ に用いることで、該式（56）の演算により得ることができる（この場合、式（56）の $T$ は、制御サイクル毎の温度上昇量の目標値となる）。

【0538】さらに、この場合に、触媒装置 3 の温度上昇量の目標値へのフィードバック制御をスライディングモード制御を用いて行う場合、例えば次のように燃料供給量の積算値をその目標値に収束させるための開度指令 $\theta$ の補正量（これは前記 SLD 開度補正量 $i/sld$ に相当する）を求めるためのアルゴリズムを構築することができる。

【0539】すなわち、前記式（56）の排ガスの熱量の積算値 $Q_x(k)$ （ $= (T(k) - \varepsilon \cdot T(k-1)) / \gamma$ ）は、前記式（9）（吸気制御対象モデル）の積算吸入空気量 $Q_a$ に相当するものであるから、式（9）中の $Q_a(k+1)$ 、 $Q_a(k)$ 、 $Q_a(k-1)$ をそれぞれ、排ガスの熱量の積算値 $Q_x(k+1)$ （ $= (T(k+1) - \varepsilon \cdot T(k)) / \gamma$ ）、 $Q_x(k)$ （ $= (T(k) - \varepsilon \cdot T(k-1)) / \gamma$ ）、 $Q_x(k-1)$ （ $= (T(k-1) - \varepsilon \cdot T(k-2)) / \gamma$ ）に置き換えて整理することで、次式（57）のように温度上昇量 $T$ に関する制御対象の離散系モデルを構築できる。

【0540】

【数 57】

【0543】

【数 58】

$$\sigma_4(k)=(T(k)-t_x(k))+s_7 \cdot (T(k-1)-t_x(k-1)) \\ +s_8 \cdot (T(k-2)-t_x(k-2))$$

$$=E_x(k)+s_7 \cdot E_x(k-1)+s_8 \cdot E_x(k-2) \quad (58)$$

【0544】尚、式（58）中の $s_7$ 、 $s_8$ は切換関数 $\sigma_4$ の係数パラメータである。この場合、偏差 $E_x(k)$ に



係る係数は簡単化のために「1」としている。

【0545】このように制御対象のモデル（離散系モデル）と、切換関数 $\sigma_4$ とを設定すれば、これらのモデルと切換関数 $\sigma_4$ とに基づいて、吸気側適応SLD制御と同様に、触媒装置3の温度上昇量 $T$ をその目標値 $t_x$ に収束させるための開度指令 $\theta$ の補正量（これは前記SLD開度補正量 $i/sld$ に相当する）を求めアルゴリズムを構築することができる。さらに、前記図26等を用いて3次の自己回帰モデルに関して説明した場合と同様に、切換関数 $\sigma_4$ の係数パラメータ $s_7$ 、 $s_8$ に値による前記偏差 $E_x(k)$ の減衰速度の可変的設定も行うことができる。

【0546】また、前述の実施形態では、燃焼室4で燃焼させる混合気空燃比が一定であるとした場合に内燃機関1の発生熱量（排ガスの熱量）、ひいては触媒装置3に与えられる熱量が燃焼室4の吸入空気量にほぼ比例することから触媒装置3に与える熱量を表す熱量データとして制御サイクル毎の吸入空気量の積算値を用いている。しかし、内燃機関1の発生熱量は、内燃機関1の点火時期によっても若干変化することから、触媒装置3に与える熱量を表す熱量データの精度をより高める必要がある場合には、瞬時瞬時（制御サイクル毎）の吸入空気量の推定値あるいは検出値を、その時々々の点火時期に応じて補正し、それを積算することで、熱量データを取得するようにしてもよい。また、混合気空燃比を変化させる必要が生じた場合には、点火時期に応じた補正と同様に、瞬時瞬時（制御サイクル毎）の吸入空気量の推定値あるいは検出値を、その時々々の空燃比に応じて補正し、それを積算することで、熱量データを取得するようにしてもよい。いずれの場合にあっても、点火時期や空燃比に応じた補正を行うための補正係数をあらかじめ設定したデータテーブル等を用意しておくことで対応することが可能である。

【0547】尚、触媒装置に与える熱量を表す熱量データを取得するに際しての上記のような補正は、該熱量データとして燃料供給量等、その他のパラメータを用いる場合においても同様に適用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を含む内燃機関の制御システムの全体構成図。

【図2】図1のシステムの内燃機関の吸気系を模式化して示した図。

【図3】図1のシステムの基本的作動を説明するための線図。

【図4】図1のシステムの作動を説明するためのフロー

チャート。

【図5】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図6】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図7】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図8】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図9】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図10】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図11】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図12】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図13】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図14】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図15】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図16】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図17】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図18】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図19】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図20】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図21】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図22】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図23】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図24】図1のシステムの作動を説明するためのフローチャート。

【図25】図1のシステムの作動を説明するための線図。

【図26】図1のシステムの変形態様を説明するための線図。

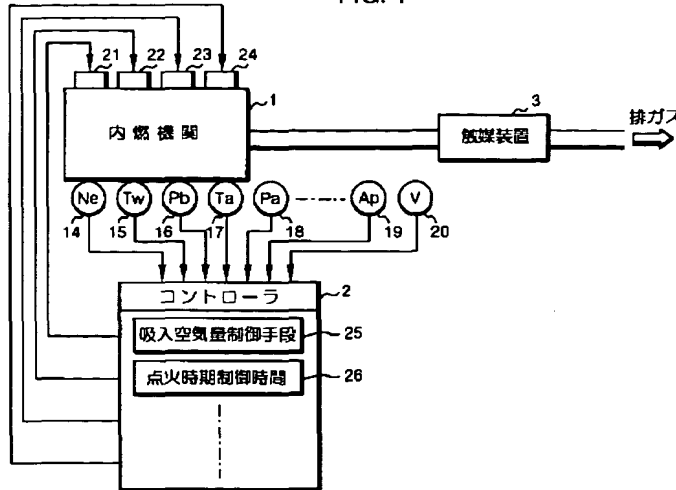
#### 【符号の説明】

1…内燃機関、3…触媒装置、7…バイパス弁（流量制御弁）、8…バイパス通路（吸入空気通路）、25…吸入空気量操作手段、26…点火時期操作手段。



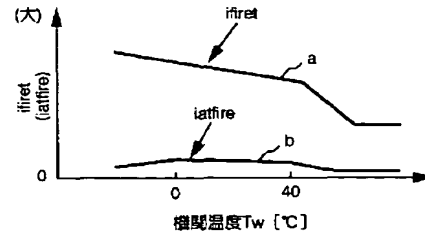
【図1】

FIG. 1



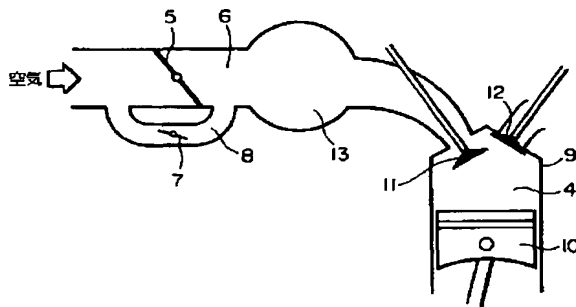
【図6】

FIG. 6



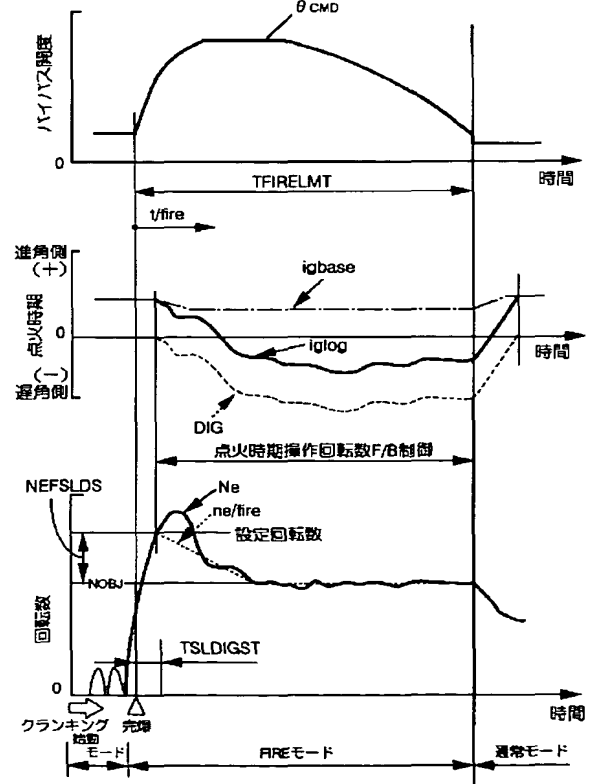
【図2】

FIG. 2



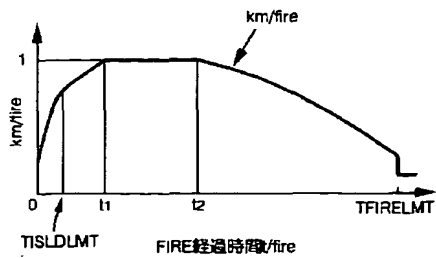
【図3】

FIG. 3



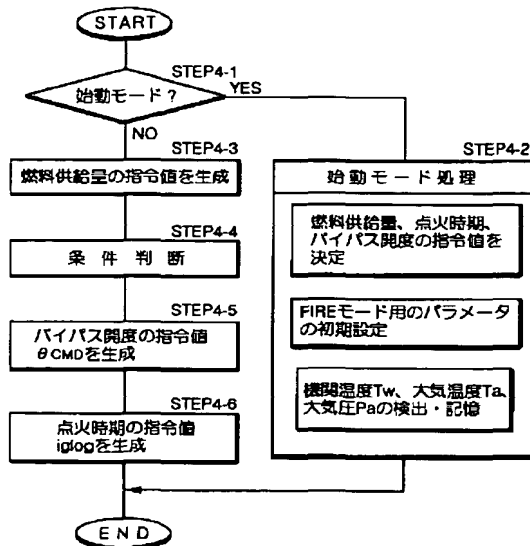
【図7】

FIG. 7

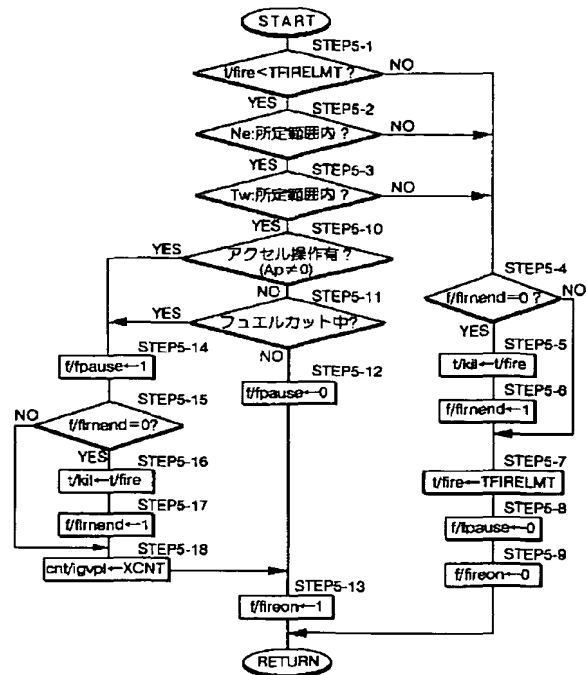




【図4】

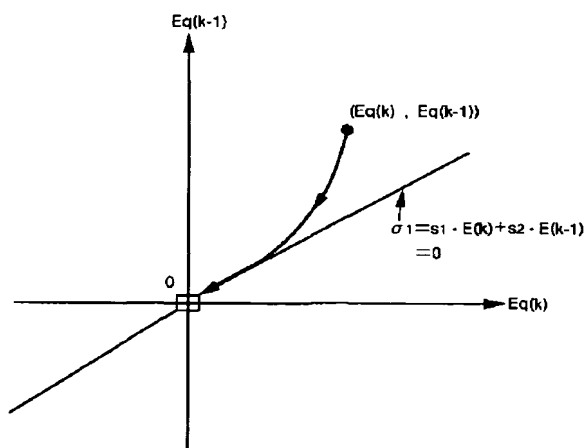
FIG. 4  
メインルーチン処理

【図5】

FIG. 5  
(STEP 4-4 の処理)

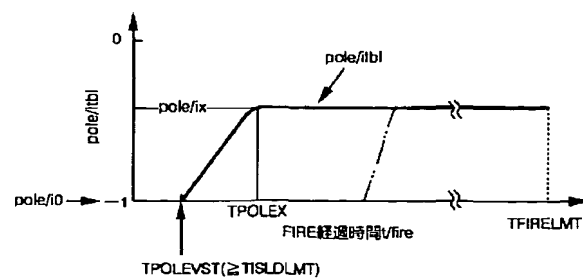
【図8】

FIG. 8



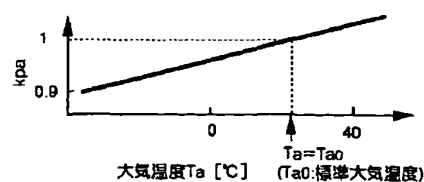
【図9】

FIG. 9



【図11】

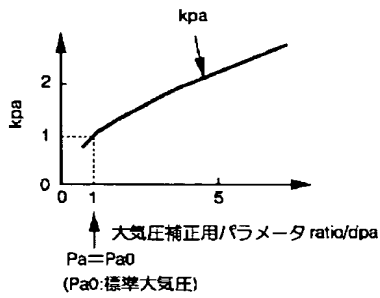
FIG. 11





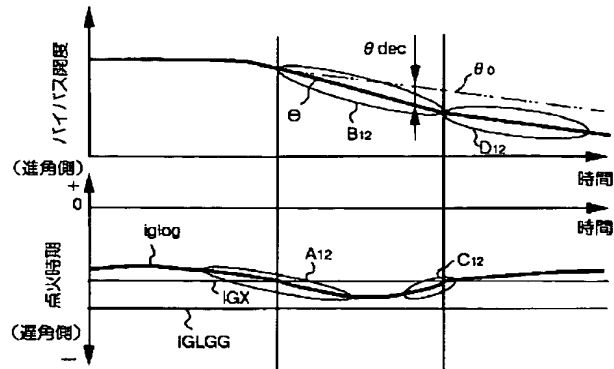
【図10】

FIG.10



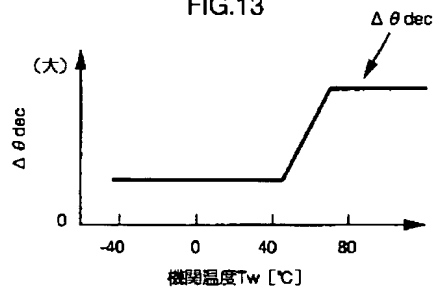
【図12】

FIG.12



【図13】

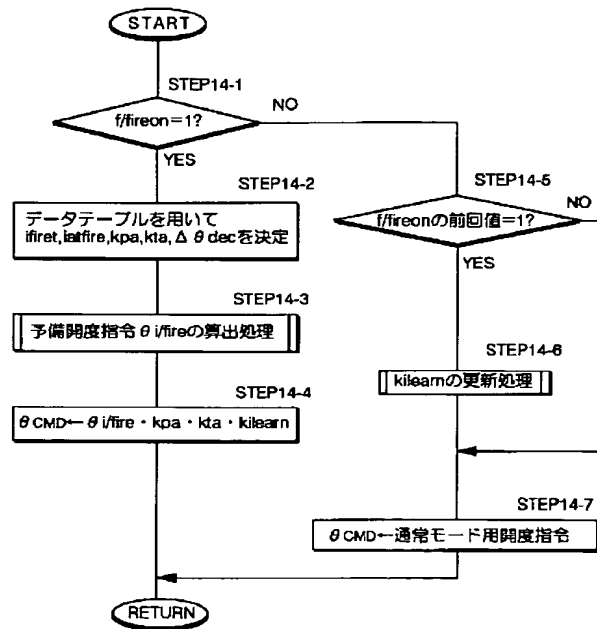
FIG.13



【図14】

FIG.14

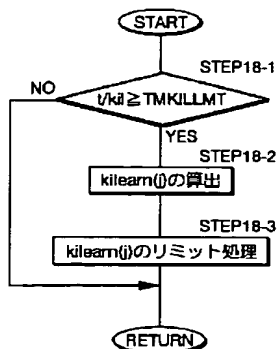
(STEP3-5の処理)



【図18】

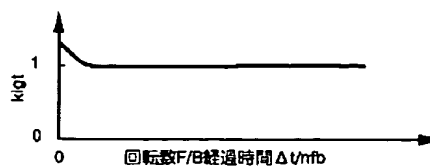
FIG.18

(STEP14-8の処理)



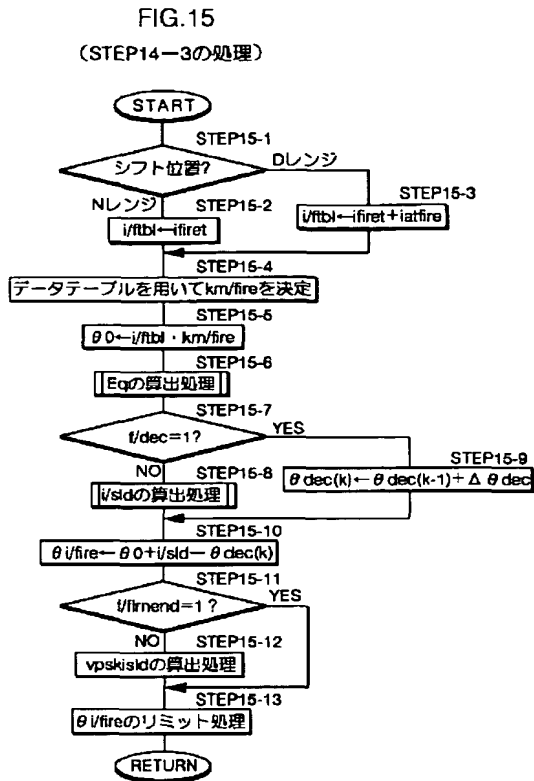
【図20】

FIG.20

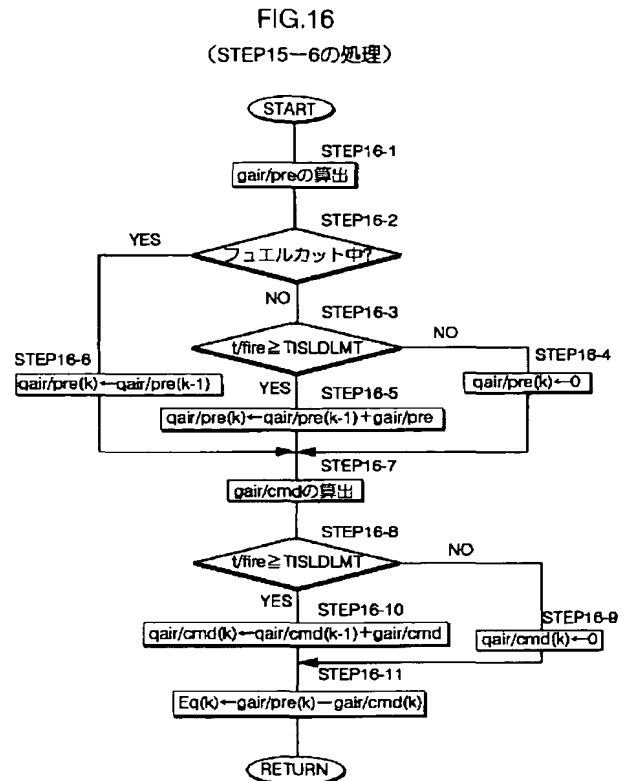




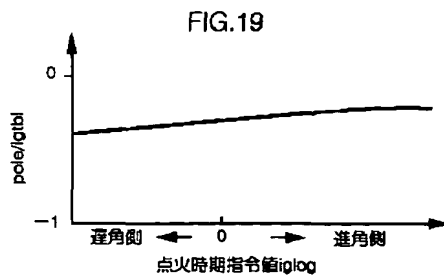
【図15】



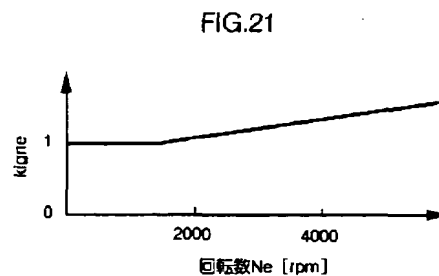
【図16】



【図19】

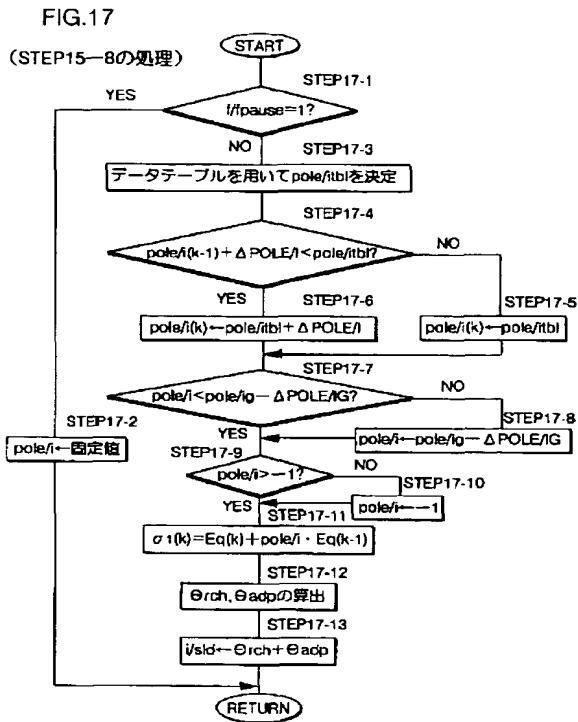


【図21】

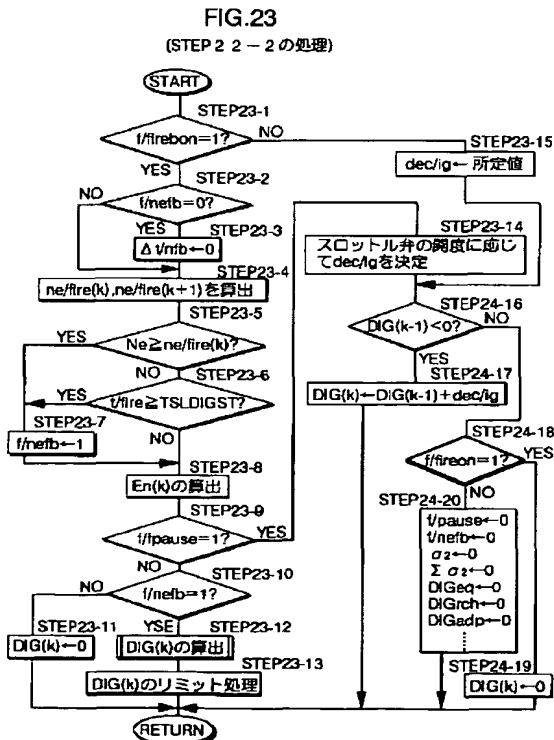




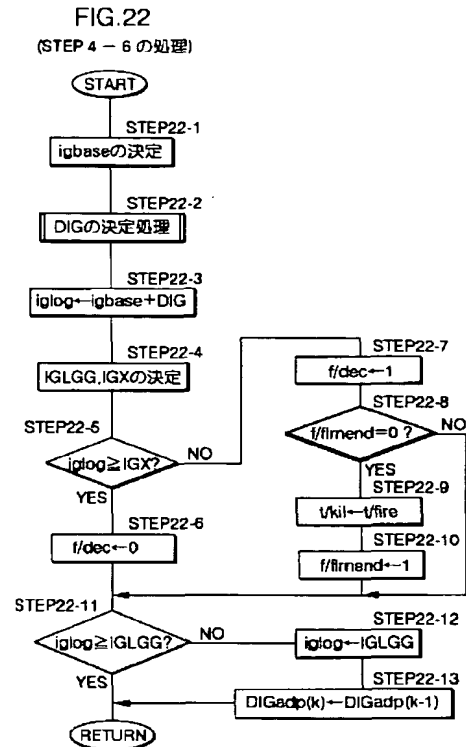
【図 17】



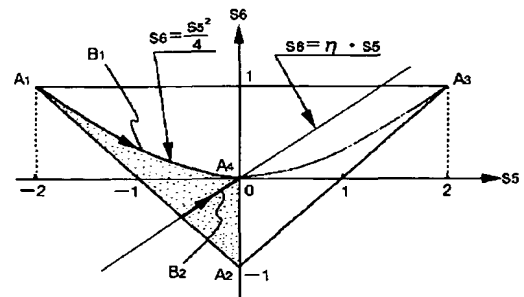
【図 23】



【図 22】



【図 26】

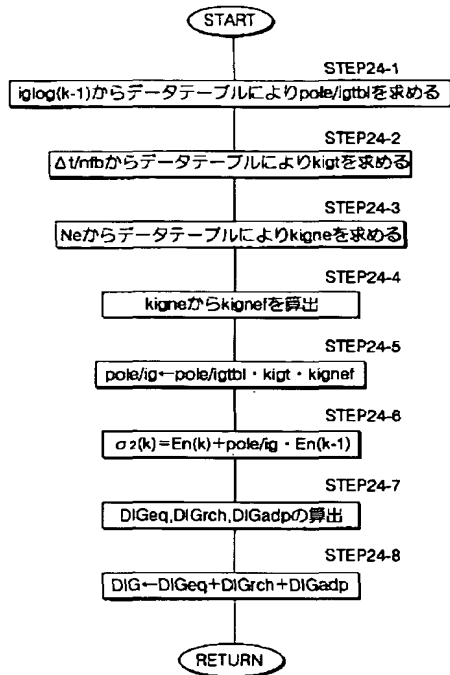




【図 24】

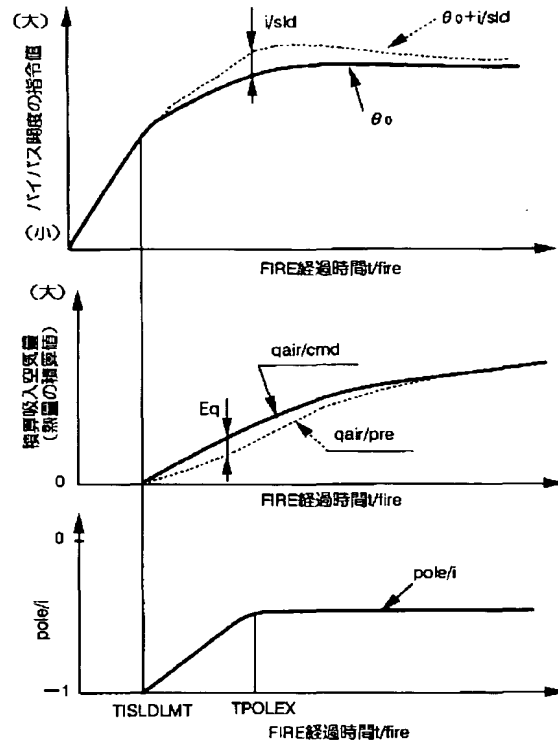
FIG.24

(STEP 23-12 の処理)



【図 25】

FIG.25



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F 02 D 45/00

3 6 6

F 02 P 5/15

G 05 B 11/36

5 0 1

F I

テーマコード\* (参考)

F 02 D 45/00

3 6 6 F

G 05 B 11/36

M

F 02 P 5/15

5 0 1 F

E

(72) 発明者 上野 将樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 佐藤 忠

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 岩城 喜久

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内



F ターム(参考) 3G022 AA00 BA01 CA01 CA03 DA02  
EA01 FA04 GA05 GA06 GA08  
GA09 GA10 GA19 GA20  
3G084 AA00 BA06 BA17 CA01 CA03  
DA10 DA25 EA04 EA08 EA11  
EB14 EB16 EB18 EB25 EC02  
EC03 EC04 FA05 FA06 FA07  
FA10 FA20 FA27 FA33  
3G091 AA14 AB01 BA03 CA16 CB05  
CB07 DA02 DA05 DB01 DB06  
DB10 DB15 DB16 DC01 DC02  
DC06 DC07 EA01 EA05 EA06  
EA07 EA14 EA16 EA18 EA39  
FA01 FA05 FA12 FA19 FB02  
FC07  
3G301 HA00 JA00 KA01 KA04 KA07  
KA16 KA26 KB01 KB10 LA00  
LA04 MA24 NA01 NA04 NA08  
NA09 NB02 NB03 NB06 NB07  
ND01 ND05 ND15 ND21 ND42  
ND45 NE01 NE08 NE12 NE16  
NE17 NE19 NE23 PA01A  
PA01Z PA07Z PA09Z PA10Z  
PA15Z PD12A PD12Z PE01A  
PE01Z PE08Z PF01Z PF03Z  
PF08Z PF10Z  
5H004 GA15 GB12 HA02 HA08 HA16  
HB01 HB02 HB03 HB07 HB08  
JA10 JA13 JB04 JB07 JB18  
JB30 KA62 KA71 KA74 KB13  
KB32 KC26 KC27 KC39 KC54  
KD63 LA17 LB07 MA17